

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ  
ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**“ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΦΥΤΩΝ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ  
ΜΕΣΩ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ  
ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ”**

**Πτυχιακή μελέτη του σπουδαστή  
Φίλη Στυλιανού**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2007**

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όσους συνέβαλαν και βοήθησαν με οποιοδήποτε τρόπο στην πραγματοποίηση αυτής της μελέτης.

Συγκεκριμένα ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Καθηγητή Δρ. Βελισσαρίου Δημήτριο για την εισήγηση του θέματος της παρούσας μελέτης καθώς και για την κριτική ανάγνωση και διόρθωσή της.

Ευχαριστώ θερμά τον Φυτοπαθολόγο του Εργαστηρίου της Μυκητολογίας Ερευνητή Β' Δρα. Λάσκαρη Δημήτριο, που με την επιστημονική του καθοδήγηση, την πολύτιμη βοήθειά του, την άψογη συνεργασία του, τις συνεχείς παρατηρήσεις και συμβουλές του, με οδήγησε στην επιτυχή ολοκλήρωση της μελέτης μου όπως επίσης και στην καλύτερη παρουσίασή της.

Επιπλέον ευχαριστώ τον Γεωπόνο κ. Σπύρο Αντωνάτο για τη συνεργασία και τις συμβουλές του κατά την εκπόνηση της μελέτης αυτής.

Ευχαριστώ την εταιρεία Hellasod για την ευγενική χορηγία των σπόρων χλοοτάπητα και τον τεχνικό της εταιρίας Digital Image Systems κ. Στέλιο Γέτο για την συνεργασία του στην εκμάθηση του προγράμματος επεξεργασίας φωτογραφιών.

Ακόμα ευχαριστώ θερμά την Φυτοπαθολόγο του Εργαστηρίου της Μυκητολογίας Ερευνήτρια Β' Βλουτόγλου Ειρήνη για την ευγενική και πρόθυμη προσφορά της επιστημονικής και έμπειρης της πληροφόρησης.

Τέλος ευχαριστώ όλους τους ασκούμενους συμφοιτητές μου και όλο το προσωπικό επιστημονικό και τεχνικό των τμημάτων Φυτοπαθολογίας, Ιολογίας και Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για την πρόθυμη, ευγενή συμπεριφορά τους και για την πολύτιμη βοήθειά τους.

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>4</b>
1.1	Ορισμός και ιστορική αναδρομή.....	4
1.2	Βασικές έννοιες.....	5
1.3	Φασματικές ιδιότητες των αντικειμένων.....	6
1.4	Ορατό φάσμα.....	6
1.5	Πηγές φωτός.....	7
1.6	Πως βλέπει ο άνθρωπος το φως και πως το χρώμα.....	8
1.7	Μελέτη της βλάστησης μέσω τηλεπισκόπησης.....	9
1.8	Πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης.....	10
1.9	Σχέση άμεσης οπτικής εκτίμησης με τη μηχανική όραση.....	11
1.10	Καταγραφή και απεικόνιση εικόνας και χρώματος.....	12
1.11	Ψηφιακή εικόνα.....	13
1.12	Ευκρίνεια ψηφιακής εικόνας.....	14
1.13	Μοντέλα ανάλυσης.....	15
<b>2</b>	<b>Πειραματικό μέρος.....</b>	<b>19</b>
2.1	Σκοπός μελέτης.....	19
2.2	Υλικά & μέθοδοι.....	20
2.2.1	Φυτικό Υλικό.....	20
2.2.2	Παρασκευή μολύσματος, μολύνσεις & εκτίμηση προσβολής.....	21
2.3	Ρυθμίσεις ψηφιοποίησης.....	22
2.4	Οπτική εκτίμηση της καταπόνησης των φυτών.....	23
2.4.1	Κριτήρια εκτίμησης, σύγκρισης και κατάταξης ζημιάς σε κλάσεις.....	23
2.5	Οι χρωματικές ενότητες (κλάσεις).....	24
2.6	Παρουσίαση του τρόπου εργασίας στο Image –Pro.....	26
2.7	Παρουσίαση του τρόπου εργασίας στο Excel.....	27
2.8	Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων.....	29
<b>3</b>	<b>Αποτελέσματα.....</b>	<b>30</b>
3.1	Αποτελέσματα επεμβάσεων καταπόνησης & μολύνσεων των φυτών.....	30
3.1.1	Μάρτυρας.....	30
3.1.2	Επέμβαση UV.....	31
3.1.3	Επέμβαση GR.....	32
3.1.4	Επέμβαση H.....	33
3.1.5	Επέμβαση H-C.....	34
3.2	Προκαταρκτικές δοκιμές για την ανεύρεση μιας λογικής ψηφιακής κλίμακας διαβάθμισης του πράσινου-κίτρινου χρώματος.....	35
3.3	Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων.....	37
3.4	Συσχέτιση μόλυνσης – έντασης συμπτωμάτων.....	45

3.5	Σχολιασμός των αποτελεσμάτων.....	47
3.6	Τελικά συμπεράσματα και σχόλια.....	48
	<i>Βιβλιογραφία (Ξενόγλωσση) .....</i>	<i>51</i>
	<i>Βιβλιογραφία (Ελληνική) .....</i>	<i>53</i>
	<i>Πηγές διαδικτύου.....</i>	<i>54</i>
	<i>Παράρτημα 1.....</i>	<i>55</i>
	<i>Παράρτημα 2.....</i>	<i>56</i>

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## 1 Εισαγωγή

### 1.1 Ορισμός και ιστορική αναδρομή

Η ανάγκη του ανθρώπου να χρησιμοποιήσει μηχανική όραση για να ερμηνεύσει αντικείμενα και καταστάσεις που είναι μακριά, καθώς και να τις αξιολογήσει δημιούργησε την τηλεπισκόπηση. Τηλεπισκόπηση σημαίνει, αντίληψη αντικειμένων ή φαινομένων από απόσταση. Ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας τής πληροφορίας, γύρω από έναν στόχο, για την αναγνώριση και μέτρηση των ιδιοτήτων του, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις του με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, χωρίς στην πραγματικότητα να έρθουμε σε απευθείας επαφή με αυτόν. Αυτές οι μετρήσεις, ειδικά στην γεωργία, είναι μη καταστροφικές (δηλαδή δεν τεμαχίζουμε, δεν ξεριζώνουμε το φυτό κλπ.) και ένα συγκεκριμένο αντικείμενο μπορεί να αναλυθεί πολλές φορές διαδοχικά χωρίς να υποστεί καμία απολύτως βλάβη ή αλλοίωση (Avey, 1992).

Η τηλεπισκόπηση συντελείται σε 3 φάσεις την επιλογή των στόχων που συνιστούν τα υπό μελέτη αντικείμενα ή τα φαινόμενα μιας περιοχής, τη συλλογή δεδομένων μέσω ορισμένων οργάνων και την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων, πάλι μέσω ειδικών οργάνων και συσκευών.

Ο ορισμός τής Τηλεπισκόπησης είναι τόσο ευρύς που μπορεί να περιλαμβάνει ποικιλία στόχων, μέσω συλλογής πληροφορίας (αισθητήρες και καταγραφείς) και τρόπους ανάλυσης (εμπειρικός, ηλεκτρονικός υπολογιστής).

Ο στόχος ή το αντικείμενο μελέτης της Τηλεπισκόπησης μπορεί να είναι είτε πολύ μεγάλο, όπως η γη ή η Σελήνη και οι άλλοι πλανήτες, είτε πολύ μικρό, όπως τα βιολογικά κύτταρα, που ερευνώνται με μικροσκόπια στην ιατρική ή στη Βιολογία.

Τα μέσα συλλογής πληροφορίας επίσης, ποικίλλουν από τα πιο κοινά που είναι η ανθρώπινη όραση και η ακοή μέχρι τα πιο επιτηδευμένα, όπως οι ακτίνες X των ιατρικών επιστημών, η έρευνα με λέιζερ για την παρατήρηση σωματιδίων της ατμόσφαιρας, κ.α. Παραδείγματα μετρήσεων Τηλεπισκόπησης περιλαμβάνουν τη συμβατική φωτογραφία, την αεροφωτογραφία, τη λήψη εικόνων με ραντάρ, τις μετρήσεις βαρύτητας κλπ. Στην πράξη, όμως, οι μελέτες Τηλεπισκόπησης επικεντρώνονται σε συστήματα απεικονίσεων ή εικόνων, όπως αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, και όχι σε συστήματα της

απευθείας μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως τα βαρυτόμετρα τα μαγνητόμετρα, ή οι συσκευές μέτρησης ηλεκτρισμού (Μερτίκας, 1999).

Οι μέθοδοι επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων μπορεί να γίνεται με απλά μέσα (γυμνό οφθαλμό, μεγεθυντικό φακό κλπ) ή να χρησιμοποιούνται πολύ μοντέρνες μέθοδοι επεξεργασίας, των δεδομένων των εικόνων, με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης και των νευρωνικών δικτύων, που έχουν βελτιώσει την ικανότητα των υπολογιστών να αναλύουν αυτόματα στοιχεία εικόνων. Εντούτοις, ο ανθρώπινος παράγοντας για την ερμηνεία των εικόνων Τηλεπισκόπησης, παραμένει καθοριστικός για την έγκυρη και ολοκληρωμένη ανάλυση των.

## 1.2 Βασικές έννοιες

Στην Τηλεπισκόπηση καταγράφεται κυρίως η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όλων των συχνοτήτων. Χρησιμοποιούνται εκτενώς οι ζώνες του ορατού και του εγγύς υπέρυθρου του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ως οι κύριες φασματικές ζώνες ανίχνευσης. Τούτο οφείλεται κυρίως στο ότι η ηλιακή ακτινοβολία στις ζώνες αυτές αντανακλάται και μπορεί να καταγραφεί δίνοντας πολύτιμες πληροφορίες, αλλά και λόγω της εμπειρίας που έχει συσσωρευτεί αφού οι περισσότερες ανθρώπινες εμπειρίες αφορούν την ανθρώπινη όραση που οδήγησε στη δημιουργία ανάλογων ανιχνευτών αυτής της ακτινοβολίας. όπως οι ηλεκτροπτικοί και οι φωτογραφικοί (Mather, 1987).

Οι ανιχνευτές Τηλεπισκόπησης, ανιχνεύουν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από κάποια επιφάνεια και καταγράφουν την ένταση της σε διαφορετικές ζώνες του φάσματος. Συγκρίνοντας τα ραδιομετρικά και φασματικά χαρακτηριστικά της ανακλώμενης αυτής ακτινοβολίας με τα χαρακτηριστικά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, καθορίζεται η ανακλαστικότητα του συγκεκριμένου στόχου.

Η ανακλαστικότητα, με τη σειρά της αναλύεται για να καθοριστούν οι χημικές και φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας. Η χημική σύσταση και η κρυσταλλική δομή του επιφανειακού υλικού του στόχου έχουν καθοριστική επίδραση στην ανακλαστικότητα, εξαιτίας των μοριακών και ηλεκτρικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα με την αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας και ύλης (Mather, 1987).

Οι φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας, όπως η τραχύτητα και η κλίση, έχουν επίσης κάποια επίδραση στην ανακλαστικότητα, εξαιτίας των γεωμετρικών παραγόντων που σχετίζονται με το γεωμετρικό σχηματισμό πηγή - επιφάνεια - ανιχνευτής.

Επομένως η πληροφορία σχετικά με τις ιδιότητες επιφάνειας συλλέγεται μετρώντας τη διαμόρφωση που αποτυπώνεται κυρίως στο ανακλώμενο κύμα με τη διαδικασία της αλληλεπίδρασης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και ύλης.

### 1.3 Φασματικές ιδιότητες των αντικειμένων

Η τηλεπισκόπηση ασχολείται σε μεγάλο βαθμό με τη μελέτη της ακτινοβολίας που εκπέμπεται και ανακλάται από αντικείμενα της γης. Έτσι, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Τηλεπισκόπησης, μπορούμε να μελετήσουμε τα αντικείμενα με τα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα εξετάζοντας την ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται από αυτά. Χρησιμοποιώντας λοιπόν φωτογραφικές μηχανές, οπτικό-μηχανικούς σαρωτές, ραντάρ, εικονοληπτικά φασματόμετρα και άλλα όργανα Τηλεπισκόπησης, μπορούμε να μελετήσουμε τη φασματική απόκριση των αντικειμένων σε διαφορετικά μήκη κύματος.

Κάθε υλικό παρουσιάζει ξεχωριστή κατανομή της ανακλώμενης, εκπεμπόμενης ή απορροφούμενης ακτινοβολίας σε σχέση με το μήκος κύματος  $\lambda$ . Μελέτη της φασματικής αυτής απόκρισης μας επιτρέπει τη διάκριση ενός αντικειμένου από κάποιο άλλο ή την αξιολόγηση της πληροφορίας σχετικά με το σχήμα, το μέγεθος, τις φυσικές ή χημικές ιδιότητες των αντικειμένων ή φαινομένων. Η μορφή της καμπύλης της φασματικής απόκρισης ενός αντικειμένου ή φαινομένου σε σχέση με το μήκος κύματος  $\lambda$  ονομάζεται φασματική ταυτότητα ή φασματική υπογραφή του αντικειμένου ή του φαινομένου, και είναι μοναδική για κάθε αντικείμενο.

### 1.4 Ορατό φάσμα

Μολονότι το ορατό φάσμα αποτελεί ένα πολύ μικρό τμήμα του φάσματος, έχει μεγάλη σημασία στην τηλεπισκόπηση. Τα όρια της ορατής ακτινοβολίας (φωτός), καθορίζονται από την ευαισθησία του συστήματος της ανθρώπινης όρασης. Ο ανθρώπινος οφθαλμός παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία όταν το μήκος κύματος της ακτινοβολίας είναι  $\lambda=0.555 \mu\text{m}$ , ενώ η ευαισθησία αυτή ελαττώνεται προς το μέρος των μακρότερων και βραχύτερων κυμάτων.

Η ορατή ακτινοβολία υποδιαιρείται σε 3 βασικά χρώματα που ονομάζονται πρωτεύοντα αθροιστικά χρώματα (μπλε, πράσινο, κόκκινο) και εκτείνονται κατά προσέγγιση από  $0,4 \mu\text{m}$  έως  $0,5 \mu\text{m}$ , από  $0,5 \mu\text{m}$  έως  $0,6 \mu\text{m}$  και από  $0,6 \mu\text{m}$  μέχρι  $0,7 \mu\text{m}$

αντίστοιχα. Ονομάζονται πρωτεύοντα αθροιστικά χρώματα επειδή κανένα πρωτεύον χρώμα δεν μπορεί να παραχθεί από σύνθεση 2 άλλων. Όλα τα υπόλοιπα γνωστά χρώματα μπορούν να παραχθούν από σύνθεση των 3 πρωτευόντων χρωμάτων με κατάλληλη αναλογία.

Το χρώμα ενός σώματος ορίζεται από τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας του φωτός που ανακλά. Άρα η απορρόφηση εξηγεί το χρώμα που παίρνουν τα διάφορα σώματα. Έτσι, ένα μπλε αντικείμενο είναι μπλε επειδή ανακλά ή διαχέει το μπλε φως και απορροφά το πράσινο και το κόκκινο. Ενδιάμεσα χρώματα σχηματίζονται όταν ένα αντικείμενο ανακλά 2 ή περισσότερα πρωτεύοντα χρώματα που συνδυαζόμενα δίνουν την αίσθηση για παράδειγμα, του κίτρινου, του βιολετί και του κυανού. Το λευκό χρώμα μπορεί να παραχθεί από συνδυασμό κόκκινου, πρασίνου και μπλε φωτός.

## 1.5 Πηγές φωτός

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, αποτελεί ένα από τα καλύτερα μέσα διερεύνησης του περιβάλλοντος χώρου γιατί διαδίδεται σε ευθεία (σε αντίθεση π.χ. με τον ήχο) και έχει κατεύθυνση, ένταση και μήκος κύματος. Όπως επισημάνθηκε πιο πάνω, χωρίς μία φωτεινή πηγή δεν μπορούμε να δούμε. Η κλασσική θεωρία λέει ότι το φως είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Αυτό σημαίνει ότι είναι ένα κυμαινόμενο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, το οποίο απλώνεται-διαδίδεται ή διασπείρεται από το ένα μέρος στο άλλο. Αυτό το κύμα έχει πλάτος, το οποίο δηλώνει την φωτεινότητα, μήκος, που δείχνει το χρώμα και τέλος μία γωνία, στην οποία πάλλεται και η οποία καλείται πόλωση. Η σύγχρονη κβαντομηχανική περιγραφή, ωστόσο, λέει ότι το φως μπορεί επίσης να θεωρηθεί ότι αποτελείται από μικρά σωματίδια που καλούνται φωτόνια. Αυτά έχουν ορμή και ενέργεια αλλά δεν έχουν μάζα. Και οι δύο περιγραφές είναι σωστές καθώς το φως έχει και κυματοειδή και σωματιδιακή οντότητα (Floyd, 1978).

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία καλύπτει ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων με τα μεγάλου μήκους (ραδιοφωνικά) κύματα από την μία και τις ακτίνες γάμα από την άλλη. Το ορατό φως, που είναι αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο, βρίσκεται κάπου στην μέση του όλου φάσματος, μεταξύ του υπέρυθρου και του υπεριώδους, περίπου από τα 380nm έως τα 780nm.

Το φως μπορεί να παραχθεί μέσα από μια ποικιλία μεθόδων. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνητές πηγές φωτός είναι αυτές της πυρακτώσεως, οι οποίες παράγουν φως θερμαίνοντας ένα αντικείμενο. Είναι γνωστό ότι τα υγρά και τα στερεά



εκπέμπουν φως όταν οι θερμοκρασία τους είναι πάνω από 1000K. Το ποσό της ενέργειας που ακτινοβολείται εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντικειμένου. Υπάρχουν όμως και άλλοι τρόποι εκπομπής φωτός όπως π.χ. ιονισμός, φθορισμός κ.α (Rees, 1990).

## 1.6 Πως βλέπει ο άνθρωπος το φως και πως το χρώμα

Σε όλα τα έμβια όντα το φως γίνεται αντίληπτό μέσω αισθητηρίων οργάνων που ερεθίζονται όταν προσπίπτει σε αυτά ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Στον άνθρωπο το όργανο αυτό είναι ο οφθαλμός που αναγνωρίζει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μήκους κύματος 0,4-0,7  $\mu\text{m}$ .

Εκτός όμως από την ύπαρξη ή όχι ακτινοβολίας, ο ανθρώπινος οφθαλμός (με την βοήθεια και του εγκεφάλου), μπορεί να διακρίνει και άλλες ιδιότητες του φωτός όπως την (χονδρική) σύνθεση και ένταση ορισμένων επιμέρους φασμάτων της ορατής ακτινοβολίας και μέσω αυτής της ικανότητας να διακρίνει αυτό που ονομάζουμε χρώμα. Τόσο η έννοια του φωτός όσο και του χρώματος είναι λοιπόν ανθρωπογενείς έννοιες και ως εκ τούτου υποκειμενικές. Για να γίνει κατανοητό αυτό αναφέρουμε ότι σε άλλα ζώα π.χ. τον σκύλο ή τα έντομα, τα αντίστοιχα αισθητήρια όργανα καταγράφουν διαφορετικά φάσματα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και βλέπουν άλλα «χρώματα» (Maerz, 1950).

Για να μπορέσουμε να περιγράψουμε καλύτερα το χρώμα, πρέπει να εννοήσουμε πως αντιδρά το ανθρώπινο μάτι στο φως. Στα μάτια του ανθρώπου υπάρχουν δύο τύπου αισθητήρες, τα ραβδία και οι κώνοι, που είναι ευαίσθητοι στο φως. Τα ραβδία είναι ουσιαστικά μονοχρωματικά, με μέγιστη ευαισθησία γύρω στα 0,510 $\mu\text{m}$ . Συνεισφέρουν στην περιφερειακή όραση και μας επιτρέπουν να βλέπουμε σε συνθήκες πολύ χαμηλού φωτισμού, αλλά δεν συνεισφέρουν στη πολύχρωμη όραση. Ο καθένας μας έχει παρατηρήσει ότι σε μία αρκετά σκοτεινή νύχτα, ενώ μπορεί να διακρίνει σχήματα και διάφορες κινήσεις δεν μπορεί να διακρίνει πάρα πολλά χρώματα (Maerz, 1950).

Η αίσθηση του χρώματος προέρχεται από το δεύτερο τύπο αισθητήρων, τους κώνους. Το ανθρώπινο μάτι είναι εξοπλισμένο με τρεις διαφορετικούς τύπους κώνων που είναι γνωστοί ως L, M και S, που υποδηλώνουν ευαισθησία στο φως στα μεγάλα μήκη κύματος (Long wavelength, με μέγιστη ευαισθησία στα 0,575 $\mu\text{m}$ ), στα μεσαία μήκη κύματος (Medium wavelength, με μέγιστη ευαισθησία στα 0,535 $\mu\text{m}$ ) και τέλος στα μικρά μήκη κύματος (Short wavelength με μέγιστη ευαισθησία στα 0,445 $\mu\text{m}$ ) αντίστοιχα.

Οι κώνοι αντιδρούν στο φως με ένα πολύπλοκο τρόπο. Τα νεύρα μεταφέρουν το ερέθισμα στον εγκέφαλο ο οποίος αναλαμβάνει την τελική επεξεργασία. Αυτή η διαδικασία δεν περιλαμβάνει απλώς το σήμα από κάθε κώνο, αλλά γίνεται σύγκριση του καθενός σήματος με το γειτονικό του και έτσι δημιουργείται στον εγκέφαλο η αίσθηση του χρώματος. Ένας επιπλέον λόγος που είναι αναγκαία αυτή η επεξεργασία είναι γιατί έχουμε πολύ περισσότερους L και M κώνους από ότι S. Η αναλογία είναι περίπου 40:20:1 αντίστοιχα. Πολλές άλλες πολύπλοκες διαδικασίες συμβαίνουν πριν δημιουργηθεί η πλήρη αντίληψη για το χρώμα στον εγκέφαλο (Maerz, 1950).

## 1.7 Μελέτη της βλάστησης μέσω τηλεπισκόπησης

Ένας από τους στόχους της Τηλεπισκόπησης είναι η μελέτη ζωντανών οργανισμών (πληθυσμών ή ατόμων) και ένα αντικείμενο που βρήκε πολλές εφαρμογές, είναι η μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς της βλάστησης μέσω του κύκλου ανάπτυξής της, καθώς και η μελέτη της υγείας των φυτών. Οι μεταβολές των φασματικών χαρακτηριστικών της βλάστησης ως συνάρτηση της κατάστασης της υγείας της έχουν ιδιαίτερη σημασία.

Η παρουσία της χλωροφύλλης και άλλων χρωστικών στα φύλλα των φυτών οδηγεί σε απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε μήκη κύματος μικρότερα από 0,7 μm. Η μικρότερη απορρόφηση του πράσινου φάσματος και οι άλλες διαφοροποιήσεις που οφείλονται σε γενετικές και φυσιολογικές αιτίες επέτρεψαν να αναπτύξει ο άνθρωπος ιδιαίτερη αντίληψη για τη βλάστηση, τις ιδιότητες και τις καταστάσεις, χωρίς να χρειάζονται τα μέσα που προσφέρει η τηλεπισκόπηση. Ένας έμπειρος παρατηρητής μπορεί, παρατηρώντας από μακριά ένα φυτό να έχει μια αρκετά σαφή αντίληψη για την υγεία του. Ωστόσο, η ακτινοβολία που ανακλάται από τη βλάστηση, περιέχει πολύ περισσότερες πληροφορίες από αυτές που μπορεί να διακρίνει το ανθρώπινο μάτι και εδώ η τηλεπισκόπηση μπορεί να προσφέρει πολλά (Μερτίκας, 1999).

Για παράδειγμα, η περιεχόμενη στα φύλλα υγρασία μπορεί να προσδιοριστεί με κάποια προσέγγιση, συγκρίνοντας την ανακλαστικότητα κοντά στα μήκη κύματος 0,8 μm, 1,6 μm και 2,2 μm (υπέρυθρη ακτινοβολία). Στην περιοχή από 0,7 μm μέχρι 1,3 μm εμφανίζεται ισχυρή ανάκλαση, που οφείλεται στην ασυνέχεια του δείκτη διάθλασης μεταξύ του αέρα και των κυψελών των φύλλων. Συγκεκριμένες ιδιότητες της βλάστησης, όπως για παράδειγμα αν ένα φυτό είναι υγιές ή χλωρωτικό επηρεάζει το ποσοστό και την ποιότητα της ακτινοβολίας που αντανακλάται από αυτό. Γι' αυτό το λόγο η νέα τεχνολογία

μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη φυτοπαθολογική έρευνα σαν φυτοπαθομετρία (Μερτίκας, 1999).

Ένα φυτό ή μια καλλιέργεια καταπονείται όταν ένας βιοτικός ή αβιοτικός παράγοντας επηρεάζει δυσμενώς την ανάπτυξη και την εξέλιξη του. Η καταπόνηση (στρες) μπορεί να είναι μικρής διάρκειας και έντονη ή χρόνια, και μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στην όψη και τις οπτικές ιδιότητες της επιφάνειας της κόμης. Μια από αυτές τις αλλαγές είναι και η χλώρωση (κιτρίνισμα) του φυλλώματος.

Η χλώρωση αποτελεί το πιο κοινό σύμπτωμα καταπόνησης των φυτών που οφείλεται σε μεγάλη ποικιλία δυσμενών καταστάσεων. Η μέχρι τώρα πρακτική της μελέτης της χλώρωσης συνίσταται, στην οπτική εκτίμηση της εμφάνισής της (σε διαφοροποίηση από την υπόλοιπη υγιή βλάστηση), την έντασή και τη μορφή της (μεσονεύρια, επάκρια βλάστηση κλπ). Οι εκτιμήσεις αυτές γίνονταν και εξακολουθούν ακόμα να γίνονται εμπειρικά με το μάτι. Ακόμα και στις περιπτώσεις που απαιτούνται ακριβέστερες μετρήσεις, αυτές στις περισσότερες περιπτώσεις γίνονται με τη χρήση αυθαίρετων κλιμάκων, πράγμα που στερεί τη μέθοδο από τη δυνατότητα επανάληψης της εκτίμησης με ίσους όρους, και τη σύγκριση αποτελεσμάτων διαφορετικών εκτιμητών ή διαφορετικών εποχών. (Blazquez, 1986).

## **1.8 Πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης**

Η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης έχει αλλάξει πολύ τα τελευταία δέκα χρόνια. Οι κυριότερες αλλαγές οφείλονται στις νέες τεχνολογίες απεικόνισης (ψηφιακή τεχνολογία), καθώς και στις συνεχώς αυξανόμενες δυνατότητες των δορυφόρων. Πλέον είναι δυνατό να φωτογραφηθεί με περισσότερη λεπτομέρεια, ένα πάρα πολύ μικρό κομμάτι γης, να προσδιορισθούν ακριβέστερα τα χρώματα ή οι φωτεινές αποκρίσεις από ένα χωράφι και να εξαχθούν δεδομένα αν όχι σε καθημερινή βάση κάθε δεύτερη ή και τρίτη μέρα.

Αυτές οι αλλαγές δημιούργησαν πολλά πλεονεκτήματα για την γεωργία, καθώς πλέον είναι εφικτό να εντοπισθούν εκείνες οι μικρές περιοχές μέσα στο χωράφι οι οποίες δίνουν προβλήματα. Να προσδιορισθεί το πρόβλημα αυτό αναλύοντας τα δεδομένα και ο γεωργός να επέμβει άμεσα.

Η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης θα αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο ασκούμε την γεωργία. Η επιτυχία αυτής της τεχνολογίας βασίζεται, στον τύπο της πληροφορίας που θα

εξαχθεί, πόσο γρήγορα θα αναλυθεί και θα προωθηθεί στον γεωργό, αλλά και αν όλη αυτή η τεχνολογία θα πωλείται σε λογικό κόστος από αυτόν που θα την προσφέρει. Ήδη στις ΗΠΑ, η εισαγωγή τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με τη χρήση γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων έχει αρχίσει να μπαίνει στη γεωργική πράξη με το όνομα «γεωργία ακριβείας» (precision agriculture) ή ως “inch to inch agriculture”, που σε ελεύθερη απόδοση είναι «γεωργία πόντο – πόντο»

## **1.9 Σχέση άμεσης οπτικής εκτίμησης με τη μηχανική όραση**

Για συγκριθεί η τηλεπισκόπηση με τις συμβατικές μεθόδους στην φυτοπαθομετρία πρέπει να γίνει εκτίμηση και σύγκριση των πλεονεκτημάτων και των αδυναμιών της καθεμιάς. Το κύριο ανθρώπινο αισθητήριο για τη διαπίστωση και αξιολόγηση ποιοτικά και ποσοτικά της ασθένειας ενός φυτού είναι το μάτι. Αυτή η διαπίστωση και αξιολόγηση μπορεί να διευκολυνθεί και να γίνει πιο γρήγορη και πιο ακριβής με την χρήση ψηφιακής όρασης (mechanical vision). Η όραση που αναπτύχθηκε αργά και σταδιακά στα έμβια όντα κατά την εξέλιξή τους, κατέληξε να αποτελεί για τον άνθρωπο το σπουδαιότερο σύστημα αντίληψης του περιβάλλοντος χώρου. Τόσο ο αισθητήρας (το μάτι), όσο και ο εγκέφαλος αναπτύχθηκαν παράλληλα και αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα του συστήματος. (Star, 1991).

Το οπτικό μας σύστημα, δηλαδή τα μάτια μας και το μυαλό μας, είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα τηλεπισκόπησης. Αυτό το βιολογικό σύστημα λαμβάνει, βελτιώνει, αναλύει και αποθηκεύει εικόνες σε μεγάλες ποσότητες και πάρα πολύ γρήγορα. Ένα καλά εκπαιδευμένο άτομο μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στις οπτικές πληροφορίες που είναι διαθέσιμες, να επικεντρωθεί πάνω σε συγκεκριμένα συμπτώματα και να απορρίψει κάποια άλλα στοιχεία από την συνολική εικόνα ενός φυτού. Αφ’ ετέρου ένα όργανο τηλεπισκόπησης ενσωματώνει όλα τα καταγεγραμμένα δεδομένα τα οποία πρέπει να επεξεργαστούν, να επιλεγθούν τα απαραίτητα και να βελτιωθούν, πριν αναλυθούν και εκτιμηθούν τα αποτελέσματα.

Η ανθρώπινη όραση έχει όμως και πολλές αδυναμίες. Υπεισέρχονται πολλά στοιχεία υποκειμενικότητας, δηλαδή κάθε άτομο έχει διαφορετική οπτική αντίληψη για το κάθε πράγμα με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η ακρίβεια υπολογισμού του χρώματος, του σχήματος, του μεγέθους και άλλων στοιχείων όπως π.χ. το μωσαϊκό των συμπτωμάτων μιας ασθένειας. Το πόσο φωτεινή είναι μια μέρα καθώς και το φόντο πάνω στο οποίο

γίνεται η παρατήρηση μπορεί να επηρεάσει το οπτικό αποτέλεσμα, ενδέχεται κάποιος παρατηρητής να διακρίνει το ίδιο χρώμα ως διαφορετική απόχρωση, μια συννεφιασμένη απ' ότι μία φωτεινή μέρα. Η κόπωση καθώς και η έλλειψη αυτοσυγκέντρωσης μειώνει την ακρίβεια. Παράγοντες που ανάγονται στην λογική και την ψυχολογία επηρεάζουν την εκτίμηση, για παράδειγμα μετά από εκτίμηση πολύ βαριά προσβεβλημένων φυτών είναι πολύ εύκολο να υποεκτιμηθούν ελαφριές προσβολές και αντιστρόφως. (Petron, 1999).

Μια άλλη αδυναμία της ανθρώπινης εκτίμησης είναι η μικρή ταχύτητα παρατήρησης και εκτίμησης, συγκρινόμενα με αυτά των συσκευών που συλλέγουν και αναλύουν ταχύτατα τεράστιο όγκο δεδομένων, καθώς και το πολύ ψηλό κόστος εργασίας.

Τέλος, η μηχανική όραση μπορεί να «δεν» και πέρα από τις δυνατότητες του ανθρώπινου ματιού αφού μπορεί να έχει εικόνα και μέσω μη ορατών ακτινοβολιών (υπέρυθρη, πόλωση κλπ).

Τα κύρια λοιπόν πρόβλήματα που υπάρχουν στις συμβατικές μεθόδους άμεσης παρατήρησης και εκτίμησης είναι το εύρος η ταχύτητα και η υποκειμενικότητα των τελευταίων. Δεν χωρεί αμφιβολία ότι ένα σύστημα ψηφιακής καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων, δεν αντιμετωπίζει προβλήματα «κόπωσης» και «υποκειμενικότητας» και ότι μπορούν να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις στις διαφορές στην απόχρωση, που οφείλονται σε διαφορές του προσπίπτοντος ηλιακού φωτός μιας ηλιόλουστης και μιας συννεφιασμένης ημέρας. Το κύριο ερώτημα λοιπόν που τίθεται σε αυτή τη μελέτη είναι αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μηχανική όραση στις εκτιμήσεις της χλώρωσης των φυτών, ώστε να περιοριστούν τα σφάλματα που προκαλούν οι φυσικές αδυναμίες της ανθρώπινης όρασης και αυτές που οφείλονται στην υποκειμενικότητα.

## **1.10 Καταγραφή και απεικόνιση εικόνας και χρώματος**

Ο άνθρωπος από νωρίς πέτυχε να απεικονίσει ζωγραφικά εικόνες και χρώματα. Η φωτογραφία όμως που είναι μια τεχνική «ρεαλιστικής» ή «αντικειμενικής» απεικόνισης είναι σχετικά νέα και η ζωή της δεν ξεπερνά τους δύο αιώνες, ενώ η έγχρωμη φωτογραφία διαδόθηκε ευρέως μόλις τα τελευταία πενήντα χρόνια.

Ποικίλες τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν για να αποδοθεί ρεαλιστικά το χρώμα. Το ότι τα χρώματα συντίθενται με άλλα χρώματα ήταν γνωστό από παλιά. Ο Νεύτωνας (1642-1727) απόδειξε ότι το ηλιακό φως αναλύεται με ένα γυάλινο πρίσμα στα χρώματα του

φάσματος από τα οποία με κατάλληλη ανάμιξη μπορούν να συντεθούν όλα τα χρώματα. (Maerz, 1950).

Στην καταγραφή και απεικόνιση του χρώματος έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές ανάλογα με τις ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν.

Στη φωτογραφία, χημική και ηλεκτρονική, ακολουθήθηκε η λογική που υπάρχει και στη φύση. Αφού το χρώμα γίνεται αντιληπτό από τους «κόνους» L, M και S, με ευαισθησία σε φως μεγάλου, μέσου και μικρού μήκους κύματος που αντιστοιχεί σε κόκκινο, πράσινο και μπλε «χρώμα», αναπτύχθηκε σύστημα που κατέγραφε την ένταση και την αναπαρήγαγε στις ίδιες (ή σχεδόν τις ίδιες) συχνότητες. Αυτό ισχύει στην κλασική έγχρωμη και την ψηφιακή φωτογραφία, όπου κατασκευάστηκαν φιλμ ή αισθητήρες ευαίσθητα σε αντίστοιχα φάσματα ακτινοβολίας. Όμως για να καλυφθούν άλλες πρακτικές ανάγκες όπως η λιθογραφία ή η εκτύπωση με μοντέρνους έγχρωμους εκτυπωτές, άλλα συστήματα χρωμάτων επινοήθηκαν όπως είναι το σύστημα των συμπληρωματικών χρωμάτων κυανό, ματζέντα, κίτρινο. (Maerz, 1950).

Τα μοντέλα CMY (Cyan, Magenta, Yellow) και YIQ (Y-axis, In-phase, Quadrature) απλώς αναφέρονται εδώ καθώς βρίσκουν πρακτική εφαρμογή κυρίως στην βιομηχανία παραγωγής χρωμάτων εκτύπωσης και στην τηλεόραση αντίστοιχα.

## 1.11 Ψηφιακή εικόνα

Οι ψηφιακές εικόνες είναι το αποτέλεσμα της μετατροπής αναλογικών δεδομένων σε ψηφιακά δεδομένα μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως «δειγματοληψία» (sampling). Μία ψηφιακή εικόνα μπορεί να παρομοιαστεί με μια μωσαϊκή καννάβο στοιχείων της εικόνας που ονομάζονται εικονοστοιχεία. Κάθε εικονοστοιχείο δημιουργείται από την εκτίμηση του χρώματος και τη φωτεινότητα μιας συγκεκριμένης θέσης της εικόνας που καταγράφεται ως διακριτός αριθμός. Αυτός ο δυαδικός αριθμός περιέχει τις οδηγίες για την επαναδημιουργία αυτού του εικονοστοιχείου με το ακριβές χρώμα και την ακριβή φωτεινότητα. Η δειγματοληψία, όπως είναι γνωστό, αναφέρεται σε αυτή τη διαδικασία μέτρησης και όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της δειγματοληψίας, τόσο καλύτερη είναι και η ποιότητα του αποτελέσματος (Dally, 2000)

## 1.12 Ευκρίνεια ψηφιακής εικόνας

Η ευκρίνεια της ψηφιακής εικόνας δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα της ορατής λεπτομέρειας αλλά και από τον αριθμό των παρόντων χρωμάτων. Γι' αυτό το λόγο, η ποιότητα της ψηφιακής εικόνας περιγράφεται από 2 διαφορετικά μεγέθη. Πρώτον από την ποσότητα των εικονοστοιχείων, και δεύτερον, από τον αριθμό των χρωμάτων που μπορεί να έχει κάθε εικονοστοιχείο (Dally, 2000).

Οι δυνατότητες που έχει μια σύγχρονη ψηφιακή κάμερα ξεπερνούν αυτές του ανθρώπινου ματιού. Συγκεκριμένα, ενώ το μάτι μπορεί να διακρίνει λίγες μόνο διαβαθμίσεις της έντασης του φωτός, μια απλή κάμερα μπορεί να «διακρίνει»  $2^8 = 256$  διαβαθμίσεις της έντασης του φωτός σε τρεις διαφορετικές μπάντες, που αντιστοιχούν στα τρία βασικά χρώματα και έτσι να μπορεί να διακρίνει  $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24} = 1677216$  διαφορετικούς συνδυασμούς των τριών μεγεθών που συνθέτουν το χρώμα σε κάθε εικονοστοιχείο. Αυτό προβάλλεται συχνά για λόγους εντυπωσιασμού και διαφήμισης, ως δυνατότητα καταγραφής ή προβολής περισσότερων από «ενάμιση εκατομμυρίων χρωμάτων», μια υπερβολή που έχει την επιστημονική της βάση. Θα πρέπει να αναφέρουμε όμως ότι το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να διακρίνει τόσα πολλά διαφορετικά χρώματα. Είναι όμως θεμιτό να επιδιώκουμε την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων της ψηφιακής όρασης που μπορεί να εκμεταλλευτεί τις οπτικές ιδιότητες των φυτών προκειμένου να αναπτύξουμε μια μέθοδο καταγραφής και ερμηνείας διαφόρων καταστάσεων και φαινομένων με μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια. (Crane, 1997.).

### 1.13 Μοντέλα ανάλυσης

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό “Image analysis Pro” το οποίο, εκτός των άλλων μεγάλων δυνατοτήτων ανάλυσης ψηφιακής εικόνας (σχημάτων) μπορεί επίσης να ξεχωρίζει τα χρώματα μιας ψηφιακής φωτογραφίας. Για την ακρίβεια το πρόγραμμα αυτό επεξεργάζεται τα εικονοστοιχεία (pixels) που είναι τα επιμέρους κομμάτια της ψηφιακής φωτογραφίας. Μια δυνατότητα που παρέχει το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι να μπορούν τα εικονοστοιχεία να καταταγούν (κατηγοριοποιηθούν) σε χρωματικές ομάδες. Το πρόγραμμα επιτρέπει τη δημιουργία έως 16 τέτοιων χρωματικών ομάδων και η προσέγγιση που επιχειρήθηκε στην παρούσα μελέτη, ήταν να βρεθεί η περιοχή του χρώματος που αντιστοιχεί στο πράσινο χρώμα των υγιών φυτών και κατόπιν να βρεθούν και άλλες ομάδες, που αντιστοιχούν σε λιγότερο υγιή φυτά και περιλαμβάνουν τις διαβαθμίσεις που εκτείνονται μεταξύ, των υγιών και των σοβαρά ασθενών ή νεκρών φυτών.

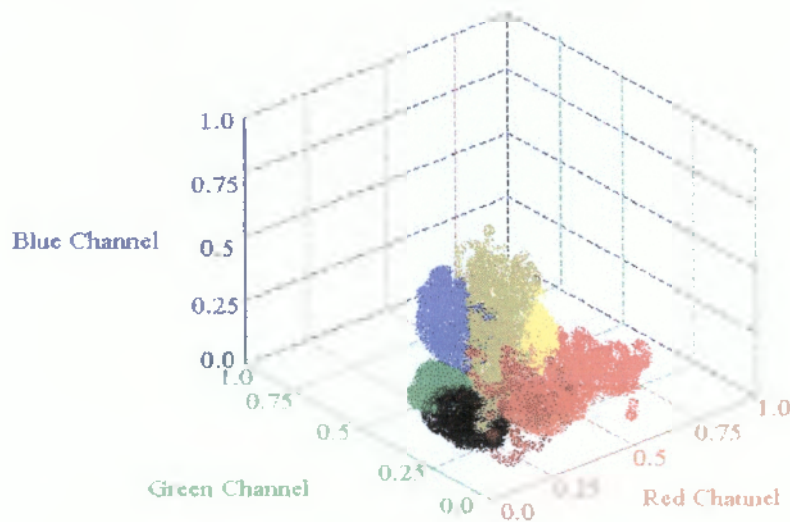
Το πρόγραμμα Image-pro δίνει τη δυνατότητα να οριστούν οι χρωματικές αυτές ομάδες (κλάσεις) με μια από δύο βασικές μεθόδους ανάλυσης της ψηφιακής εικόνας, τη μέθοδο των τριών βασικών χρωμάτων RGB (Red, Green, Blue) ή τη μέθοδο παλέτας όπως είναι η HSI (Hue, Saturation, Intensity).

Το πρώτο μοντέλο ανάλυσης που επιχειρήθηκε αρχικά να χρησιμοποιηθεί ήταν το RGB που ονομάζεται και “color cube based” αφού βασίζεται στην ένταση του καθενός από τα τρία βασικά χρώματα, το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Η ένταση του κάθε χρώματος έχει καθοριστεί να κυμαίνεται από 0 έως 255 ( $2^8=256$ ). Έτσι το σύνολο των χρωμάτων θα μπορούσε θεωρητικά να παρασταθεί με ένα τρισδιάστατο σχήμα και συγκεκριμένα με έναν κύβο που η ακμή του έχει μήκος 255 μονάδων και κάθε συγκεκριμένο χρώμα να αντιπροσωπεύεται από συγκεκριμένο σημείο μέσα στον όγκο του κύβου.

Στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε μπορούν να οριστούν ως χρωματικές ομάδες (διαβαθμισμένες κλάσεις πρασίνου-κιτρίνου κλπ), σε συγκεκριμένα τμήματα του όγκου που να έχουν σχήμα κύβων ή παραλληλεπίπεδων και αποτελούν ομάδες – υποσύνολα του αρχικού κύβου. Ένας τέτοιος κύβος θα ήταν π.χ. όλα τα χρώματα από 0 έως 100 (εικ. 1). Παρά τις προσπάθειες που έγιναν όμως, διαπιστώθηκε ότι αυτού του είδους η διάταξη δεν έδινε λογικά αποτελέσματα όταν ο κύβος ή το παραλληλεπίπεδο ήταν μεγάλα. Έτσι δεν



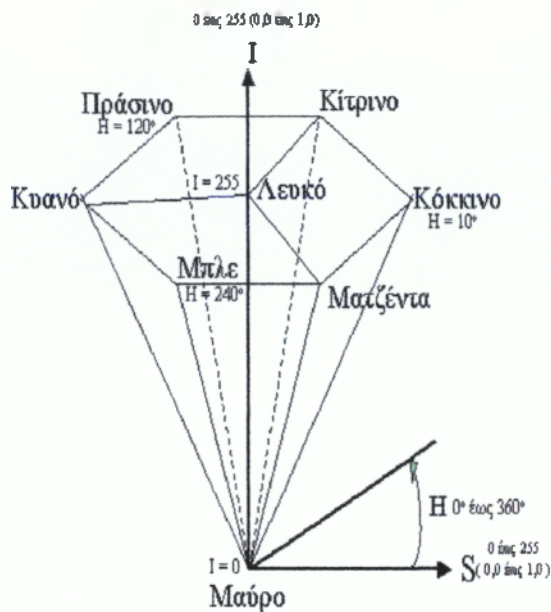
ήταν δυνατή η δημιουργία των κατάλληλων κλάσεων που θα περιέγραφαν την απόκλιση του χρώματος από το υγιές.



**Εικόνα 1 Κόβος RGB**

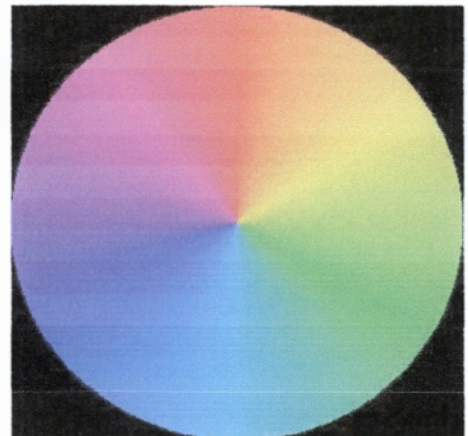
Για τους λόγους αυτούς, στην επεξεργασία των εικόνων που έγινε στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η δεύτερη μέθοδος η οποία στο πρόγραμμα ονομάζεται “Histogram based” και βασίζεται στο μοντέλο HSI (Hue, Saturation, Intensity). Το μοντέλο αυτό περιγράφει το χρώμα από την σκοπιά του πως το αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι. Το HSI είναι πολύ χρήσιμο για την επεξεργασία των εικόνων όταν θέλουμε να συγκρίνουμε δύο χρώματα ή για να μετατρέψουμε το ένα χρώμα σε ένα άλλο, καθώς και όταν θέλουμε να αξιολογήσουμε ή να μετρήσουμε ένα χρωματικό χαρακτηριστικό ενός αντικειμένου όπως είναι η ένταση και η απόχρωση του.

Η απόχρωση (Hue) είναι αυτό που ο καλλιτέχνης αναφέρει σαν χρωστική, αυτό δηλαδή που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται σαν χρώμα. Το πράσινο, το κόκκινο, το μπλέ αλλά επίσης και το κίτρινο, το πορτοκαλί, το κυανό (Cyan) και το ματζέντα (magenta) είναι παραδείγματα διαφορετικών αποχρώσεων. Η καλύτερη προσέγγιση της έννοιας «απόχρωση» είναι αυτή των χρωστικών ζωγραφικής. Ένας καλλιτέχνης συνήθως ξεκινά με πολλή κορεσμένη και έντονη χρωστική και μετά προσθέτει λίγο άσπρο για να μειώσει τον κορεσμό ή λίγο μαύρο για να μειώσει την ένταση. Έτσι, το κόκκινο και το ροζ έχουν την ίδια απόχρωση με διαφορετικό όμως κορεσμό (Saturation).



Εικόνα 2 Εξάγωνο HUE

Η διπλανή εικόνα είναι μια άλλη συνήθης αναπαράσταση μιας HSI κυκλικής «παλέτας» όπου το κάθε χρώμα έχει μια μοναδική τιμή απόχρωσης (που κυμαίνεται από 0 έως 360) δηλαδή εκφράζονται με σχέση γωνίας ενώ οι τιμές S & I σε όλη την επιφάνεια του δίσκου αυτού είναι σταθερές στο 50%.



Εικόνα 3 Κυκλική παλέτα HSI

Οι σχέσεις μεταξύ τιμών RGB και HSI είναι οι εξής:

$$Hue = \cos^{-1} \left( \frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)] / \sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)} \right)$$

$$\text{If } (B > G), Hue = 2\pi - Hue$$

$$Saturation = 1 - \left( \frac{3 \min(R, G, B)}{intensity} \right)$$

$$Intensity = R + G + B$$

Στο μοντέλο HSI η απόχρωση καθορίζεται από την θέση του πάνω σε ένα εξάγωνο που μετρείται από την απόσταση, σε μοίρες, από τον άξονα του κόκκινου (π.χ. η τιμή 120 για την απόχρωση καθορίζει το πράσινο το οποίο είναι 120° μοίρες από τον άξονα του κόκκινου, όπως φαίνεται και στο διπλανό σχήμα (Εικ. 2).

Η δυνατότητα να τοποθετηθούν όλα τα «καθαρά» χρώματα επάνω σε ένα επίπεδο σχήμα (όπως στον παραπάνω κύκλο) είναι πρακτικότερο από την τρισδιάστατη διάταξη του κύβου RGB, όπου έχουμε μια γραφική παράσταση που δεν μπορούμε όμως να αναπαραστήσουμε γραφικά τα ίδια τα χρώματα γιατί πέφτει το ένα πάνω στο άλλο. Στο σύστημα HSI βλέπουμε μια παλέτα (μια επίπεδη επιφάνεια) με όλα τα χρώματα που μπορούμε να ελαττώσουμε ή να αυξήσουμε την έντασή τους προσθέτοντας «μαύρο» ή «λευκό» αντίστοιχα. Το πρόγραμμα ανάλυσης Image-Pro που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη διαθέτει τη δυνατότητα επιλογής χρωμάτων με το σύστημα HSI και έγινε χρήση της δυνατότητας αυτής για να οριστούν τα όρια κάθε κλάσης χρώματος, και ειδικά του πράσινου – κίτρινου, που αποτέλεσαν τις «κλάσεις» χρώματος εκτίμησης της υγείας του φυλλώματος των φυτών.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### 2 Πειραματικό μέρος

#### 2.1 Σκοπός μελέτης

Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει τη δυνατότητα αντικειμενικής μέτρησης μιας ιδιότητας της βλάστησης, η οποία είναι το χρώμα και τη συσχέτιση του με την υγεία των φυτών, με την χρήση ψηφιακών μέσων καταγραφής και ανάλυσης μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα υγιή φυτά έχουν πράσινο χρώμα που το οφείλουν στην χλωροφύλλη ενώ το χρώμα των ασθενών φυτών χαρακτηρίζεται ως «χλωρωτικό» (κίτρινο, χλωμό, ξεθωριασμένο) και αυτό οφείλεται στην μείωση της χλωροφύλλης και την επικράτηση άλλων χρωστικών (ξανθοφυλλών κλπ). Ως μέσον αντικειμενικής καταγραφής και ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική εικόνα από κοινή ψηφιακή κάμερα και έγινε προσπάθεια να υπολογιστούν οι παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις και μετά να συγκριθούν τα δεδομένα από την τηλεπισκόπηση των υγιών φυτών (μάρτυρες) με τα δεδομένα των φυτών που υπέστησαν στρες.

Ως φυτά – μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν τρία είδη αγρωστωδών που αναπτύσσονται γρήγορα και εύκολα και υποβλήθηκαν τόσο σε αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης όσο και βιοτικούς (μόλυνση με παθογόνους μύκητες).

Τα οφέλη που μπορεί να έχει κάποιος που βασίζεται σ' αυτό το σύστημα είναι ότι μπορεί να δώσει πρακτική και οικονομική λύση σε σοβαρά προβλήματα όπως το σταμάτημα της ασθένειας στα πρώτα στάδια όταν είναι ακόμα φτηνή και εύκολη υπόθεση, πριν επεκταθεί και γίνει ανεξέλεγκτη. Θα μπορεί δηλαδή ο παραγωγός να αντιλαμβάνεται έγκαιρα τον κίνδυνο και να λαμβάνει τα πρέποντα μέτρα, π.χ. να επεμβαίνει με φυτοπροστατευτικά έγκαιρα και ίσως τοπικά στα ασθενή φυτά μόνο για να αποτρέπει την εξέλιξη και επέκταση της ζημιάς. Επιπλέον το κόστος επίβλεψης της καλλιέργειας μειώνεται, ιδίως όταν αυτή είναι μεγάλη σε έκταση και μακριά από τον τόπο κατοικίας του παραγωγού. Τέλος, η συνεχής παρακολούθηση επί σειρά ετών μπορεί να βοηθήσει στη «χαρτογράφηση» του κτήματος ή και ολόκληρης περιοχής που θα δείχνει τα πιο ευαίσθητα σημεία, δηλαδή που υπάρχουν θύλακες υγρασίας, άγονο έδαφος κλπ. Κάτι πολύ χρήσιμο για τον προγραμματισμό λεπτομερειών της καλλιέργειας και την καλύτερη χρήση του λιπάσματος και του νερού.

## 2.2 Υλικά & μέθοδοι

### 2.2.1 Φυτικό Υλικό

Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αγρωστώδη που χρησιμοποιούνται στους χλοοτάπητες με την προσδοκία τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης να αξιοποιηθούν στην ανάπτυξη μεθόδου επιτήρησης αθλητικών και αισθητικών χλοοταπίτων.

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία γένη χλοοτάπητα *Poa*, *Festuca* και *Lolium* φυτεμένα σε γλάστρες. Σε κάθε γλαστράκι τοποθετήθηκαν 100 σπόροι από κάθε γένος σε εδαφικό υπόστρωμα 50% άμμο και 50% περλίτη κατ' όγκο. Στα φυτά χορηγούνταν πλήρες λίπασμα διαλυμένο στο νερό ποτίσματος. Χρησιμοποιήθηκαν 4 γλαστράκια από κάθε γένος δηλαδή 12 για κάθε επέμβαση καταπόνησης.

Οι επεμβάσεις καταπόνησης ήταν πέντε, ο μάρτυρας (M, καμία καταπόνηση), η έκθεση σε ακτινοβολία UV (UV), η έκθεση σε θερμότητα (H), η περιοδική έκθεση σε θερμότητα και ψύχος (H-C) και τέλος ο ψεκασμός με πολύ αραιό διάλυμα ragaquat (GR). Στο τέλος, όλα τα γλαστράκια μολύνθηκαν και με αιώρημα σπορίων μυκήτων που θεωρούνται παθογόνα αδυναμίας για να επιταχυνθεί και να αυξηθεί η ένταση των συμπτωμάτων.

Οι επεμβάσεις έγιναν ένα μήνα μετά τη σπορά. Ο μάρτυρας δεν υποβλήθηκε σε καμία διαδικασία. Η επέμβαση με UV έγινε σε δύο φάσεις και περίοδο 2 ημερών. Κατά την πρώτη φάση τα φυτά παρέμειναν σε έκθεση για 10 λεπτά και σε απόσταση 25 εκατοστών κάτω από λυχνία υπεριώδους ακτινοβολίας Philips Ultraviolet G 15 18, με ισχύ 15W και κατά την δεύτερη για 30 λεπτά. Η έκθεση σε θερμότητα (H) πραγματοποιήθηκε σε ειδικά διασκευασμένο θάλαμο με διαφανή τοιχώματα, μέσα στο θερμοκήπιο που αναπτύσσονταν όλα τα φυτά, για τρεις συνεχόμενες μέρες σε θερμοκρασία 40°C και σε υγρασία 100% περίπου. Η επέμβαση H-C έγινε επίσης για περίοδο 3 ημερών που περιλάμβανε τρεις 24ωρους κύκλους με έκθεση των φυτών για 17 ώρες σε θερμοκρασία περίπου 4°C και σκοτάδι ενώ τις επόμενες 7 ώρες παρέμεναν σε θερμοκρασία θερμοκηπίου δηλαδή περίπου 25°C και σε φως. Τέλος η επέμβαση με GR έγινε με ψεκασμό μία φορά με διάλυμα ragaquat (εμπορικό σκεύασμα: Gramoxone 20 SL) περιεκτικότητας 0,0001% κατά βάρος σε ragaquat-ion.

## 2.2.2 Παρασκευή μολύσματος, μολύνσεις & εκτίμηση προσβολής

Τα σπόρια που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από τέσσερα είδη μυκήτων παθογόνων των φυτών χλοοτάπητα, δύο είδη του γένους *Bipolaris* και δύο είδη του γένους *Curvularia*.

Για την προετοιμασία του μολύσματος ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

1. Τεμαχισμένο άχυρο τοποθετήθηκε σε τέσσερις κωνικές φιάλες όγκου 250 ml.
2. 40 ml απιονισμένου νερού προστέθηκε ανά φιάλη.
3. Οι φιάλες σφραγίστηκαν με υδρόφοβο βαμβάκι και αποστειρώθηκαν σε κλίβανο υγρής αποστείρωσης ( $1,05 \text{ kg/cm}^2$ ) και σε θερμοκρασία  $30^\circ\text{C}$  για 30 min.
4. Στη συνέχεια σε κάθε φιάλη τοποθετήθηκε, κάτω από ασηπτικές συνθήκες, μόλυσμα από καλλιέργειες των μυκήτων που είχαν αναπτυχθεί σε θρεπτικό υπόστρωμα PDA (Potato Dextrose Agar) και διατηρούνταν στη συλλογή του Εργαστηρίου Μυκητολογίας στους  $21^\circ\text{C}$ .
5. Μετά από τρεις μέρες επώασης στους  $21^\circ\text{C}$ , οι φιάλες με το μόλυσμα ανακινούνταν έτσι ώστε να αναπτυχθεί ομοιόμορφα ο μύκητας στο τεμαχισμένο άχυρο.
6. 7 ημέρες μετά την ανακίνηση σε κάθε φιάλη προστέθηκαν κάτω από ασηπτικές συνθήκες 50 ml απιονισμένου νερού και ακολούθησε πολύ καλή ανακίνηση ώστε να διευκολυνθεί η ελευθέρωση των σπορίων από τους κονιδιοφόρους.
7. Το αιώρημα που προέκυψε διηθήθηκε μέσω τουλουπανιού (cheesecloth) ώστε να κατακρατηθούν τα κομμάτια μυκηλίου και συγκεντρώθηκε ξεχωριστά για κάθε μύκητα σε αποστειρωμένους δοκιμαστικούς σωλήνες.
8. Η συγκέντρωση των σπορίων σε κάθε αιώρημα μετρήθηκε με τη βοήθεια αιματοκυττομέτρου και βρέθηκε όπως φαίνεται παρακάτω.
  - *Bipolaris* Στέλεχος I: 4.350.000 σπόρια/ml
  - *Bipolaris* Στέλεχος II: 28.500 σπόρια/ml
  - *Curvularia* Στέλεχος I: 270.000 σπόρια/ml
  - *Curvularia* Στέλεχος II: 1.210.000 σπόρια/ml

9. Η ποσότητα του αιωρήματος του κάθε μύκητα που πήραμε μετά την διήθηση ήταν 10 ml.

Το πρώτο στέλεχος *Curvularia* απομονώθηκε από κήπους με χλοοτάπητα στην περιοχή της Κηφισιάς και το δεύτερο στέλεχος απομονώθηκε από το γήπεδο Καραϊσκάκη. Τα στελέχη *Bipolaris* προέρχονται από χλοοτάπητες του λεκανοπεδίου Αττικής.

Αφού ολοκληρώθηκαν οι επεμβάσεις καταπόνησης των φυτών την επόμενη μέρα όλα τα γλαστράκια ψεκάστηκαν με αιώρημα σπορίων μυκήτων και σκεπάστηκαν με διαφανές πολυαιθυλένιο για 24 ώρες ούτως ώστε η σχετική υγρασία να διατηρείται σε πολύ υψηλά επίπεδα και να υπάρξουν ευνοϊκές συνθήκες μόλυνσης. Μετά το τέλος του πειράματος (5<sup>η</sup> εκτίμηση συμπτωμάτων), η κόμη των φυτών κάθε γλάστρας κόπηκε, τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη με συγκεκριμένη ποσότητα νερού και αναταράχθηκε και ο αριθμός των σπορίων *Bipolaris* sp. και *Curvularia* sp. μετρήθηκε με αιματοκυτόμετρο. Επειδή τα δύο στελέχη του *Curvularia* sp. (προέλευσης Κηφισιάς & Καραϊσκάκη) παρήγαγαν σπόρια διαφορετικού μεγέθους και μορφολογίας, μπόρεσαν να μετρηθούν χωριστά.

### 2.3 Ρυθμίσεις ψηφιοποίησης

Επειδή το αποτέλεσμα της φωτογράφισης με οποιοδήποτε τύπο φωτογραφικής μηχανής, (συμβατική χημική ή ψηφιακή) επηρεάζεται από το φως που προσπίπτει στο υπό φωτογράφιση αντικείμενο (ένταση, θερμοκρασία χρώματος, γωνία πρόσπτωσης κλπ) αποφασίστηκε η φωτογράφιση στο πρώτο πείραμα να γίνει με συνθήκες σταθερού τεχνητού φωτισμού και με σταθερές (manual) ρυθμίσεις της φωτογραφικής μηχανής.

Την πηγή φωτός αποτέλεσαν τέσσερις κοινές λυχνίες πυρακτώσεως 150 W με λευκό ανακλαστήρα τοποθετημένες σε διάταξη παραλληλογράμμου (κορυφές) διαστάσεων 40X80 cm, με κατεύθυνση προς το κέντρο του παραλληλογράμμου και με κλίση 45° προς τα κάτω. Τα προς φωτογράφιση γλαστράκια τοποθετούνταν σε δίσκο και σε επίπεδο 40 cm κάτω από το επίπεδο των λυχνιών και φωτογραφίζονταν. Κατόπιν, ο δίσκος περιστρέφονταν κατά 180° και φωτογραφίζονταν ξανά. Με τον τρόπο αυτό υπήρχαν δύο φωτογραφίες για κάθε φυτό που αναλύονταν χωριστά και μετά την ανάλυση της καθεμιάς φωτογραφίας χωριστά, ως τελική μέτρηση λαμβάνονταν ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων ώστε να εξουδετερώνονται τυχόν ανομοιομορφίες του προσπίπτοντος φωτισμού.

Η φωτογράφιση έγινε με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Olympus, μοντέλο C-5050 5 Mpixels στην οποία τέθηκαν σταθερές ρυθμίσεις (manual) χρόνου έκθεσης, διαφράγματος κλπ ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των φωτογραφιών που λαμβάνονταν διαφορετικές μέρες. Στην επιλογή manual απενεργοποιήθηκε το φλας, ο χρόνος έκθεσης στο ορατό φως ρυθμίστηκε στο 1/100 και το διάφραγμα στα 1,8. Τέλος ο φακός τοποθετήθηκε στον ευρυγώνιο. Οι φωτογραφίες αποθηκεύονταν με καθορισμένη μορφή αρχείου \*.TIFF η οποία είναι συμπίεση πλήρως αντιστρέψιμη.

## **2.4 Οπτική εκτίμηση της καταπόνησης των φυτών**

Για την οπτική εκτίμηση χρησιμοποιήθηκε μια «εμπειρική» κλίμακα όπως γίνεται συνήθως στις εκτιμήσεις ζημιών. Χρησιμοποιήθηκαν 6 κλάσεις με αρίθμηση από 0 έως 5

- Κλάση 0: Απολύτως υγιή φυτά.
- Κλάση 1: Φυτά με ζημιά 20% περίπου.
- Κλάση 2: Φυτά με ζημιά 40% περίπου.
- Κλάση 3: Φυτά με ζημιά 60% περίπου.
- Κλάση 4: Φυτά με ζημιά 80% περίπου.
- Κλάση 5: Απολύτως κατεστραμμένα φυτά.

### **2.4.1 Κριτήρια εκτίμησης, σύγκρισης και κατάταξης ζημιάς σε κλάσεις**

- Χρώμα: Σαν ζημιά θεωρείται το κίτρινο και σαν υγιές το πράσινο. Για τις ενδιάμεσες κλάσεις θα ληφθούν υπ' όψη οι χρωματικές αποκλίσεις του πρασίνου και του κίτρινου (π.χ. ανοιχτό ή σκούρο πράσινο, ανοιχτό ή σκούρο κίτρινο).
- Ανάπτυξη: Πόσο αναπτύχθηκε και πότε χρονικά σταμάτησε η ανάπτυξη.
- Καχεξία: εάν το φυτό είναι καχεκτικό και σε τι ποσοστό
- Αναβλάστηση: Εάν εμφανίστηκε νέα βλάστηση.
- Νεκρώσεις: Εάν νεκρώθηκε εντελώς το φυτό και σε τι ποσοστό νεκρώθηκε.

















Παρακάτω παραθέτονται οι γραφικές παραστάσεις της οπτικής εκτίμησης για πιο εύκολη κατανόηση των αποτελεσμάτων. Οι γραφικές παραστάσεις έχουν χωριστεί ανά είδος φυτών και δείχνουν την πορεία του δείκτη χλώρωσης για κάθε επέμβαση. Περιλαμβάνει 5 μετρήσεις που έγιναν σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη των επεμβάσεων.

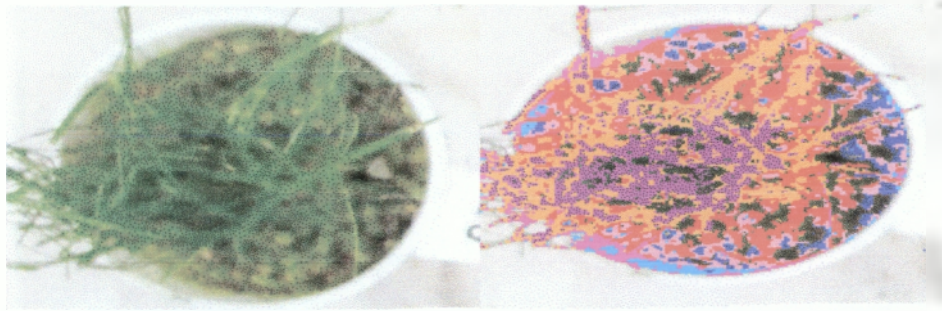


## 2.5 Οι χρωματικές ενότητες (κλάσεις)

Ο καθορισμός των καταλληλότερων χρωματικών ενότητων (κλάσεων) παίζει πρωταρχικό ρόλο στην δυνατότητα αξιολόγησης της υγείας του φυλλώματος με βάση το χρώμα. Θα πρέπει οι κλάσεις αυτές να καλύπτουν καθ' όλα τα χρώματα του φυλλώματος που λαμβάνονται με τη φωτογραφία και να αντιστοιχηθούν με το βαθμό υγείας ή ασθένειας των φυτών. Οι κλάσεις τελικά επιλέχθηκαν εμπειρικά και προσαρμόστηκαν στις δυνατότητες που προσφέρει το λογισμικό Image-Pro που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη. Ο πίνακας 1 δίνει ακριβώς τα χρωματικά όρια της κάθε κλάσης, στο σύστημα HSI, που επιλέχθηκαν για να γίνουν οι εκτιμήσεις στις εικόνες των φυτών του πειράματος. Στον ίδιο πίνακα, στις στήλες 5 & 6 απεικονίζεται αντίστοιχα το «πραγματικό» χρώμα της κάθε κλάσης και το αυθαίρετο έντονο χρώμα με το οποίο απεικονίζονται οι αντίστοιχες χρωματικές κλάσεις ώστε να διακρίνονται καλύτερα κατά την διαδικασία της ψηφιακής επεξεργασίας της εικόνας.

**Πίνακας 1** Στοιχεία χρωματικής διαβάθμισης και απεικόνισης πρασίνου-κιτρίνου (κλάσεις όπως φαίνονται και όπως απεικονίζονται).

Κλάση	H	S	I	Πραγματικό χρώμα	Χρώμα απεικόνισης
1	33-38	50-220	50-220		
2	39-43	40-220	50-170		
3	44-49	40-220	101-170		
4	44-49	40-220	50-100		
5	50-58	40-220	101-170		
6	50-58	40-220	50-100		
7	59-64	40-220	40-170		
8	65-72	30-220	30-170		



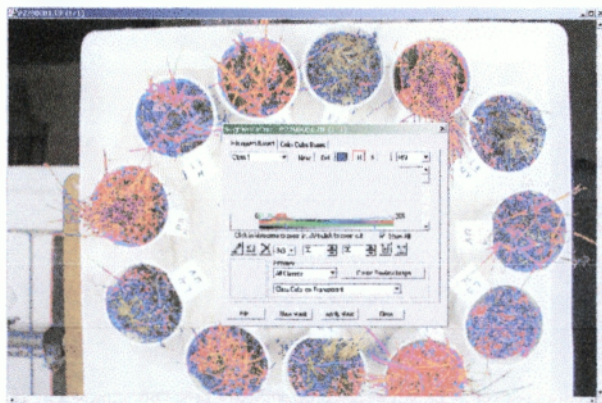
**Φωτογραφία 1.** Γλαστράκι πριν και μετά, αφού έχει επεξεργαστεί με το Image analysis Pro.

Στη παραπάνω φωτογραφία (Φωτ. 1) φαίνεται το γλαστράκι με τον χλοοτάπητα το οποίο έχει επεξεργαστεί. Διακρίνονται και οι 8 παραπάνω κλάσεις.

Στη φωτογραφία 2 φαίνεται η συνολική εικόνα του περιβάλλοντος του προγράμματος. Διακρίνεται η διάταξη των κυπέλων, το παράθυρο διαλόγου του προγράμματος στο οποίο γίνονται οι ρυθμίσεις, καθώς και οι κλάσεις.



**Φωτογραφία 2** Η ψηφιακή φωτογραφία πριν την ανάλυση με το πρόγραμμα.



**Φωτογραφία 3.** Η παραπάνω φωτογραφία (Φωτ. 2) σε άποψη μέσα από το πρόγραμμα. Διακρίνονται η διάταξη των φυτών, το παράθυρο διαλόγου του προγράμματος και τα φυτά καθώς αναλύονται.

Στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, η καταπόνηση ή βλάβη στα φυτά εκδηλώνεται «χρωματικά» με μετάβαση από κάποια απόχρωση του πράσινου σε απόχρωση του κίτρινου ή του καστανέρυθρου. Παρατηρώντας τη χρωματική παλέτα

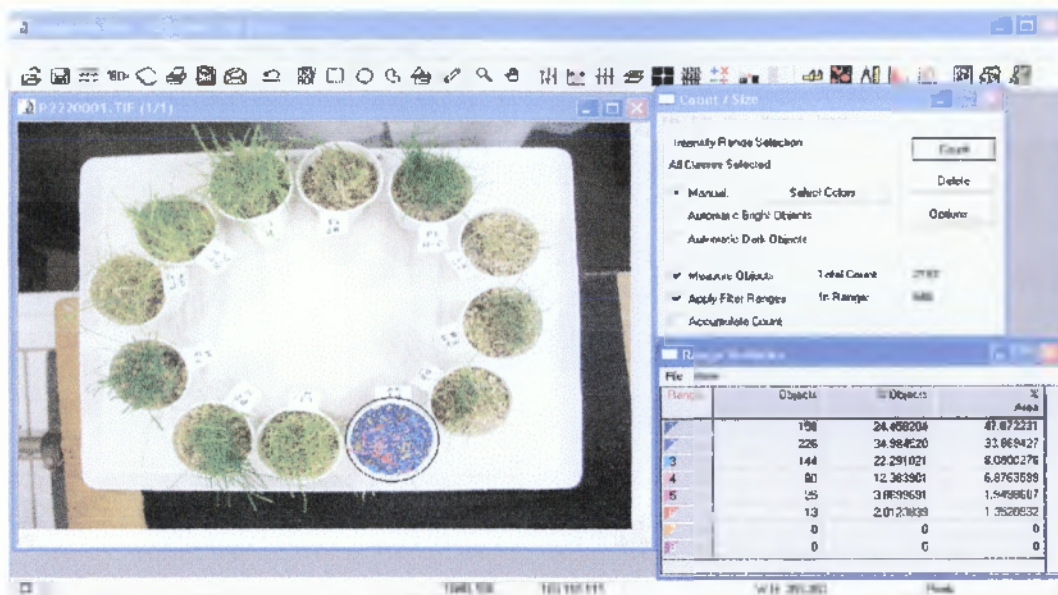
(βλέπε και σχ. εικόνα), διαπιστώνεται ότι οι δύο αυτές αποχρώσεις είναι γειτονικές και η χρωματική μεταβολή του φυτού συντελείται σχεδόν πάντα προς μια μόνο κατεύθυνση (πάνω στην παλέτα), αντίθετη της φοράς των δεικτών του ωρολογίου δηλαδή με μείωση της τιμής του H. Το ασθενές φυτό λοιπόν όπως υπαγορεύει και η εμπειρία, μάλλον θα κιτρινίσει παρά θα γίνει κυανό (που είναι η γειτονική του πρασίνου απόχρωση από την άλλη κατεύθυνση). Έτσι, αν και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε δέχεται ως μέγιστο αριθμό κλάσεων τις 16, για χάρη απλούστευσης χρησιμοποιήθηκαν τελικά μόνο 8, με τις πρώτες 4 κλάσεις 1 έως 4 να αντιπροσωπεύουν το κίτρινο και αποχρώσεις αυτού (H 33-49), ενώ οι κλάσεις από 5 έως 8 να αντιπροσωπεύουν το πράσινο και τις αποχρώσεις του (H 50-72).

## 2.6 Παρουσίαση του τρόπου εργασίας στο Image-Pro

Οι διαδικασίες που έγιναν στο πρόγραμμα Image-Pro ούτως ώστε να επεξεργαστούν οι εικόνες και να εξαχθούν τα ποσοστά των οκτώ χρωματικών ομάδων (κλάσεων) για να επεξεργαστούν λογιστικά και στατιστικά στη συνέχεια με τα προγράμματα excel και spss ήταν οι παρακάτω βήμα προς βήμα.

Στο πλαίσιο διαλόγου του προγράμματος Image-Pro εισάγονταν η προς ανάλυση φωτογραφία. Από τη γραμμή εντολών επιλέγονταν η εντολή process και στη συνέχεια η εντολή segmentation, η οποία ανοίγει ένα καινούριο παράθυρο διαλόγου στο οποίο υπάρχουν τα μοντέλα ανάλυσης. Επιλέγονταν η καρτέλα με το μοντέλο HSI και ξεκινούσε η διαδικασία δημιουργίας των κλάσεων η οποία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή (βλέπε λεπτομέρειες στο κεφάλαιο «χρωματικές ενότητες»). Όταν ολοκληρώνονταν αυτή η διαδικασία γίνονταν αποθήκευση των κλάσεων, κλείσιμο αυτού του παράθυρου και επιστροφή στη φωτογραφία.

Σειρά είχε πλέον η καταμέτρηση των εικονοστοιχείων που αντιπροσώπευε την κάθε χρωματική κλάση που δημιουργήθηκε. Επιλέγονταν από τη γραμμή εντολών η εντολή measure και μέσα από εκεί η εντολή count/size. Άνοιγε ένα καινούριο παράθυρο διαλόγου (φωτ. 2) μέσα από το οποίο το πρόγραμμα μετρούσε και κατέτασσε τα εικονοστοιχεία από οποιοδήποτε κομμάτι της φωτογραφίας του υποδείχνονταν.



**Φωτογραφία 2** Άποψη από το πλαίσιο διαλόγου του προγράμματος στο μενού Count / Size και στο υπομενού Range statistics.

Στο πλαίσιο Intensity Range Selection ρυθμίζονταν η επιλογή Manual και έπειτα πιέζονταν το εικονικό κουμπί select colors το οποίο ανοίγει ξανά το παράθυρο διαλόγου των κλάσεων, επιλέγονταν οι κλάσεις που είχαν προηγουμένως δημιουργηθεί για την συγκεκριμένη ανάλυση και έκλεινε το παράθυρο. Στην συνέχεια από την γραμμή εργαλείων επιλέγεται η εντολή AOI η οποία καθορίζει τον τρόπο και το σχήμα επιλογής αντικειμένων μέσα από τη φωτογραφία.

Αφού επιλέγονταν η περιοχή με το φύλλωμα των φυτών σε κάθε γλαστράκι το οποίο επρόκειτο να αναλυθεί, πιέζονταν το πλήκτρο count. Στην συνέχεια στην γραμμή εντολών του παραθύρου επιλέγονταν το view και από εκεί το range statistics. Ένα καινούριο παράθυρο εμφανίζονταν το οποίο πλέον έδινε τα δεδομένα τα οποία μεταφέρονταν στο excel (με τις εντολές αντιγραφή – επικόλληση) για να ακολουθήσει η στατιστική επεξεργασία. Η συγκεκριμένη διαδικασία ακολουθήθηκε για κάθε γλαστράκι για όσες φωτογραφίες αναλύθηκαν.

## 2.7 Παρουσίαση του τρόπου εργασίας στο Excel

Ο παρακάτω πίνακας αναπαριστά μέρος φύλλου του Excel που φαίνονται τα αποτελέσματα χρωματικής ανάλυσης για ένα μόνο δοχείο με χλοοτάπητα και θα παρουσιαστεί ο αρχικός τρόπος εργασίας στο πρόγραμμα αυτό.

## Πίνακας 2. Τρόπος εργασίας στο Excel.

P2210001:

L4 M

Range	Objects	% Objects	% Area
1	62	8,6592178	7,0055194
2	113	15,782123	6,8552413 0,224674
3	80	11,173184	4,801899
4	102	14,245811	3,8047221
5	105	14,664804	25,817053
6	122	17,039106	19,461805 0,775326
7	84	11,731844	29,706043
8	48	6,7039108	2,5477171

0,228067

0,771933

P2210002

L4 M

Range	Objects	% Objects	% Area
1	60	7,7922077	7,6770263
2	125	16,233767	7,1448841 0,23146
3	84	10,909091	4,6743298
4	105	13,636364	3,64978
5	132	17,142857	24,088264
6	141	18,311687	18,362423 0,76854
7	87	11,298701	32,962963
8	36	4,6753244	1,4403293

Επειδή όπως ήδη αναφέρθηκε κάθε ομάδα (12άδα) διαφορετικών δοχείων χλοοτάπητα φωτογραφίζονταν δύο φορές (η δεύτερη φωτογραφία μετά από περιστροφή του δίσκου κατά 180°). Στη συνέχεια έγινε ανάλυση και των δύο φωτογραφιών για να εξεταστεί αφ' ενός η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων για την ίδια ομάδα φυτών όταν φωτογραφίζονται από διαφορετική κατεύθυνση και αφετέρου να ληφθεί τελικά ο μέσος όρος των δύο εικόνων.

Με μωβ γράμματα είναι το όνομα αρχείου της φωτογραφίας που επεξεργάστηκε και με κόκκινα γράμματα είναι η επέμβαση που είχε δεχθεί κάθε φυτό. Όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν τρία γένη χλοοτάπητα *Poa*, *Festuca* και *Lolium*. Για κάθε γένος υπήρχαν 4 επαναλήψεις. Οι επεμβάσεις είναι πέντε, ο μάρτυρας (M), η έκθεση σε ακτινοβολία UV (UV), η έκθεση σε θερμότητα (H), η περιοδική έκθεση σε θερμότητα και ψύχος (H-C) και τέλος ο ψεκασμός με Gramoxon περιεκτικότητας 0,0001% (GR).

Ο τίτλος αυτός προκύπτει ως εξής:

Ποικιλία - Αριθμός επανάληψης - Επέμβαση

Ποιο καλά φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Συνεχίζοντας τώρα στη μαρκαρισμένη με μπλε χρώμα περιοχή, φαίνονται τα δεδομένα που έδωσε το πρόγραμμα, καθώς αναλύθηκε κάθε γλαστράκι χωριστά, τα οποία δεδομένα μεταφέρονται αυτόματα σε φύλλο εργασίας του Excel. Στην πρώτη στήλη με τίτλο Range φαίνονται οι 8 κλάσεις πάνω στις οποίες έγινε η ανάλυση των φωτογραφιών, στην δεύτερη στήλη με τίτλο Objects φαίνεται ο αριθμός των ομάδων εικονοστοιχείων της ίδιας κλάσης, π.χ. στην 5<sup>η</sup> κλάση βρέθηκαν 105 εικονοστοιχεία για το χρώμα που είχε καθοριστεί. Στην τρίτη στήλη με τίτλο % Objects δίνεται το επί τις εκατό ποσοστό των ομάδων που βρέθηκαν για κάθε κλάση. Τέλος στην τέταρτη στήλη δίνεται το επί τις εκατό ποσοστό του συνόλου της επιφάνειας που καταλαμβάνει κάθε ομάδα εικονοστοιχείων.

Οι αριθμοί χρώματος μπλε είναι οι μέσοι όροι κίτρινου και πράσινου και τα δεδομένα προέλευσης από τα οποία προκύπτουν είναι, για το κίτρινο το επί τις εκατό ποσοστό της συνολικής επιφάνειας της εικόνας που καταλαμβάνουν οι 4 πρώτες κλάσεις και για το πράσινο το επί τις εκατό ποσοστό της συνολικής επιφάνειας της εικόνας που καταλαμβάνουν οι 4 τελευταίες κλάσεις.

Τέλος οι αριθμοί χρώματος πράσινου είναι οι μέσοι όροι του ποσοστού επιφάνειας με πράσινο ή κίτρινο χρώμα από τις δύο φωτογραφίες μαζί.

Με τη χρησιμοποίηση της παραπάνω μεθοδολογίας έγιναν αναλύσεις εικόνων πολλών φυτών που υπέστησαν διαφορετικούς χειρισμούς και ακολούθως συγκρίσεις και στατιστικοί συσχετισμοί των αποτελεσμάτων ανάλυσης, με σκοπό την επιβεβαίωση της ορθότητας και την βελτίωση της ακολουθούμενης μεθόδου.

## 2.8 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό λογισμικό πακέτο SPSS. Η στατιστική επεξεργασία αφορούσε κυρίως τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων που παίρνονταν με διαφορετικούς τρόπους. Για το σκοπό αυτό έγιναν αναλύσεις του συντελεστή συσχέτισης ομάδων αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στα παραρτήματα 1 & 2 στο τέλος αυτής της μελέτης.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### 3 Αποτελέσματα

#### 3.1 Αποτελέσματα επεμβάσεων καταπόνησης & μολύνσεων των φυτών

Τα φυτά που υπέστησαν κάποιες επεμβάσεις έδειξαν γρήγορα συμπτώματα καταπόνησης, ενώ σε κάποιες άλλες επεμβάσεις τα φυτά δεν εμφάνισαν συμπτώματα καταπόνησης. Παρακάτω φαίνονται όλες οι επεμβάσεις που έγιναν σε κάθε φυτό σε διάστημα 10 ημερών. Πιο συγκεκριμένα για τις ημερομηνίες 18/02/2005, 22/02/2005 και 28/02/2005 αντίστοιχα.

##### 3.1.1 Μάρτυρας

###### 3.1.1.1 *Festuca* sp.



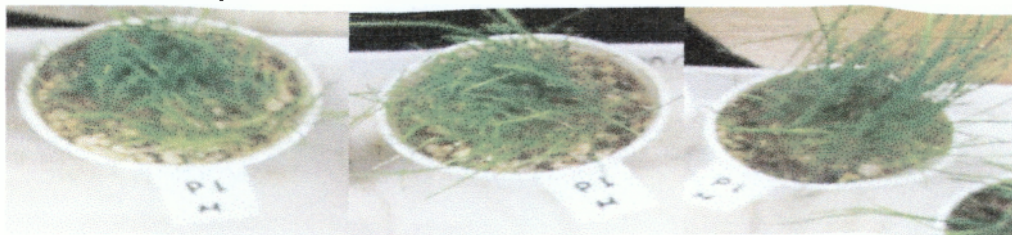
Κανονική ανάπτυξη του φυτού

###### 3.1.1.2 *Lolium* sp.



Κανονική ανάπτυξη του φυτού

###### 3.1.1.3 *Poa* sp.



Κανονική ανάπτυξη του φυτού

## 3.1.2 Επέμβαση UV

### 3.1.2.1 *Festuca* sp.



Παρατηρείται καχεξία και στο τέλος ξήρανση του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μεγάλη συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris* και μικρή συγκέντρωση σπορίων *Curvularia*.

### 3.1.2.2 *Lolium* sp.



Παρατηρείται καχεξία και στο τέλος ξήρανση του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μεγάλη συγκέντρωση σπορίων *Curvularia* και μικρή συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris*.

### 3.1.2.3 *Poa* sp.



Παρατηρείται άμεση και ολοκληρωτική ξήρανση του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μεγάλη συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris* και μικρή συγκέντρωση σπορίων *Curvularia*.



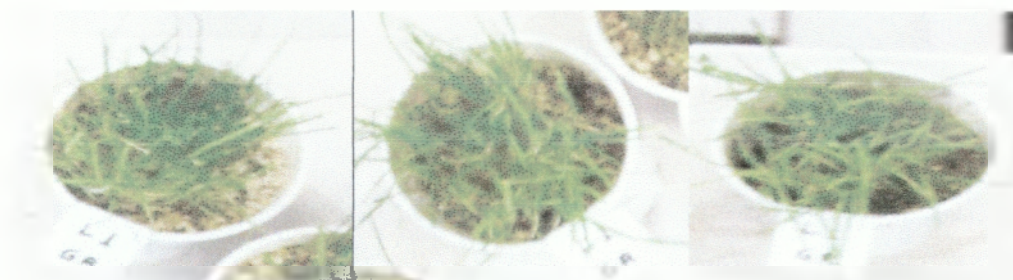
### 3.1.3 Επέμβαση GR

#### 3.1.3.1 *Festuca* sp.



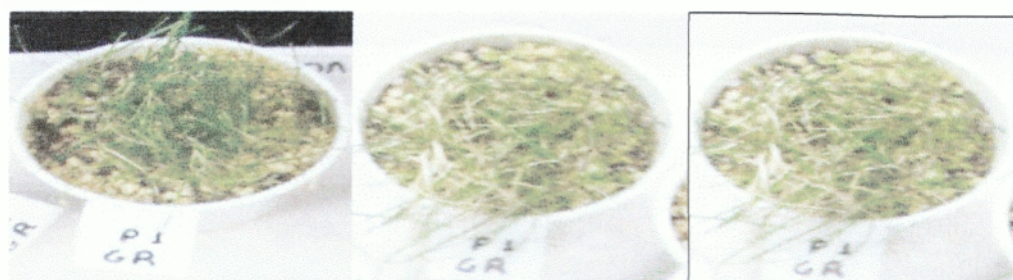
Παρατηρείται σταδιακή ξήρανση του φυτού που οδηγείται σε ολοκληρωτική. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μικρή συγκέντρωση σπορίων *Curvularia* και μικρή συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris*.

#### 3.1.3.2 *Lolium* sp.



Παρατηρείται ένα μικρό σταμάτημα της ανάπτυξης στο ενδιάμεσο αλλά τελικά το φυτό αναβλάστησε και αναπτύχθηκε κανονικά. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μικρή συγκέντρωση σπορίων *Curvularia* και μικρή συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris*.

#### 3.1.3.3 *Poa* sp.



Παρατηρείται σταδιακή ξήρανση του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μεγάλη συγκέντρωση σπορίων *Curvularia* και στελέχη από τον μύκητα *Rhizoctonia*.

### 3.1.4 Επέμβαση Η

#### 3.1.4.1 *Festuca* sp.



Παρατηρείται περιορισμένη ξήρανση και στο τέλος αναβλάστηση του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μικρή συγκέντρωση σπορίων *Curvularia* και μικρή συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris*.

#### 3.1.4.2 *Lolium* sp.



Παρατηρείται άμεση και ολοκληρωτική ξήρανση του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μεγάλη συγκέντρωση σπορίων *Curvularia* και μεγάλη συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris*.

#### 3.1.4.3 *Poa* sp.



Παρατηρείται πολύ περιορισμένη ξήρανση και στο τέλος αναβλάστηση και κανονική ανάπτυξη του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μικρή συγκέντρωση σπορίων *Curvularia*.

### 3.1.5 Επέμβαση Η-С

#### 3.1.5.1 *Festuca* sp.



Παρατηρείται κανονική ανάπτυξη του φυτού. Δεν βρέθηκε προσβολή από κάποιο μύκητα.

#### 3.1.5.2 *Lolium* sp.



Παρατηρείται κανονική ανάπτυξη του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε μικρή συγκέντρωση σπορίων *Curvularia* και μικρή συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris*.

#### 3.1.5.3 *Poa* sp.



Παρατηρείται κανονική ανάπτυξη του φυτού. Από έλεγχο με το στερεοσκόπιο και το μικροσκόπιο βρέθηκε πολύ μικρή συγκέντρωση σπορίων *Bipolaris*.

### **3.2 Προκαταρκτικές δοκιμές για την ανεύρεση μιας λογικής ψηφιακής κλίμακας διαβάθμισης του πράσινου-κίτρινου χρώματος**

Επειδή προς το παρόν δεν γνωρίζουμε να υπάρχουν διεθνώς παραδεκτά πρότυπα (στάνταρ) για την εκτίμηση του πράσινου – κίτρινου χρώματος του φυλλώματος και του βαθμού απόκλισής του από το υγιές χρώμα, χρειάστηκε να δημιουργηθεί μια εμπειρική χρωματική κλίμακα που να δίνει αξιόπιστη εκτίμηση της χλώρωσης αλλά και να ταιριάζει στις δυνατότητες του διαθέσιμου λογισμικού Image-Pro. Δοκιμάστηκαν πολλές τέτοιες κλίμακες και τελικά επιλέχτηκε η κλίμακα με τις οκτώ χρωματικές περιοχές που περιγράφηκε στο κεφάλαιο Υλικά & Μέθοδοι και που έδινε φαινομενικά λογικά αποτελέσματα. Για να επιβεβαιωθεί η αξιοπιστία της κλίμακας αυτής σε αντικειμενική βάση και κυρίως για να ιεραρχηθούν μεταξύ τους οι χρωματικές περιοχές (κλάσεις) και καθεμιά να έχει ένα «συντελεστή πρασίνου», με τον οποίο θα «βαθμολογείται» ο βαθμός «υγιούς πρασίνου» της συνολικής εικόνας, τα αποτελέσματα μπήκαν σε στατιστική δοκιμασία.

Εγιναν αναλύσεις τυπικών εικόνων δοχείων χλοστάπτητα με διαφορετικά ποσοστά υγιούς και ασθενούς βλάστησης με το Image – Pro , έγινε επεξεργασία στο excel και τα δεδομένα μεταφέρθηκαν για να αναλυθούν με το λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας SPSS. Εκτιμήθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των τιμών της κάθε κλίμακας χωριστά μεταξύ τους και με μέσους όρους της συνολικής εικόνας.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χρωματικής ανάλυσης 12 αντιπροσωπευτικών δοχείων χλοστάπτητα. Ο σκοπός είναι να διερευνηθεί στη συνέχεια αν οι κλάσεις συσχετίζονται μεταξύ τους. Κατά σειρές βρίσκονται οι τιμές εικόνων φυτών από διάφορες επεμβάσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη συνολική αξιολόγηση της μεθόδου και κατά στήλες οι 8 χρωματικές κλάσεις. Στην τελευταία στήλη που αναφέρεται και ως «δείκτης χλώρωσης» βρίσκεται το σύνολο των τιμών των 4 πρώτων κλάσεων (κίτρινου), δηλαδή το ποσοστό επιφάνειας με σημαντική απόκλιση από το χρώμα των υγιών φυτών.

Πίνακας 3. Φύλλο εργασίας του excel στο οποίο φαίνονται οι μέσοι όροι της περιοχής που καταλαμβάνει κάθε κλάση καθώς και ο δείκτης χλόρωσης στην τελευταία στήλη.

Επεμβ- άσεις	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	Κλάση 4	Κλάση 5	Κλάση 6	Κλάση 7	Κλάση 8	Δείκτης χλόρωσης
<b>F2 UV</b>	56,70	23,71	4,43	8,09	1,99	4,05	0,98	0,07	0,93
<b>P4 M</b>	1,28	2,97	3,87	4,37	11,34	17,20	31,61	27,36	0,12
<b>L3 UV</b>	39,05	27,60	7,28	14,06	4,19	5,72	1,78	0,32	0,88
<b>L2 UV</b>	23,06	21,75	10,56	13,45	16,04	9,93	4,33	0,88	0,69
<b>L3 H</b>	16,36	27,24	12,80	22,46	9,19	11,12	0,77	0,06	0,79
<b>L1 M</b>	1,19	4,50	6,68	10,67	24,00	34,68	15,61	2,65	0,23
<b>L4 H</b>	34,41	22,11	5,53	18,23	5,19	12,10	2,26	0,18	0,80
<b>F4 H-C</b>	9,95	13,65	6,68	12,15	13,49	24,38	18,02	1,68	0,42
<b>L4 UV</b>	31,68	26,87	10,99	14,30	6,35	8,51	1,19	0,12	0,84
<b>P3 H-C</b>	1,73	4,11	3,41	8,73	7,88	24,19	24,58	25,36	0,18
<b>L3 M</b>	14,07	23,48	16,56	16,65	18,67	8,72	1,75	0,11	0,71
<b>F3 H</b>	2,92	7,75	4,30	16,32	10,08	36,29	20,10	2,24	0,31

Στον πίνακα 4 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των τιμών του Πίνακα 3. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται ο συντελεστής συσχέτισης (-1 έως +1) των τιμών των χρωματικών κλάσεων του πίνακα 3. Παρατηρείται ότι η 5<sup>η</sup> κλάση σχετίζεται με τις 6, 7 και 8, που είναι και αυτές κοντύτερα στο υγιές πράσινο ενώ έχει αρνητική συσχέτιση με τις υπόλοιπες 1, 2, 3 και 4 που είναι κοντά στα χρώματα της ασθενούς ή νεκρής βλάστησης. Παρομοίως η κλάση 8 σχετίζεται θετικά με τις 5,6 και 7 ενώ με τις 1, 2, 3, και 4 αρνητικά κ.ο.κ.

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η κλίμακα αυτή (σε αντίθεση με άλλες που δοκιμάστηκαν και δεν παρουσιάζονται εδώ), έχει μια βάση αντικειμενικότητας, για αυτό και χρησιμοποιήθηκε στις αναλύσεις εικόνας που έγιναν στην παρούσα μελέτη, για να εκτιμηθεί η υγεία φυλλώματος φυτών χλοοτάπητα. Για καλύτερη επιβεβαίωση της ορθότητας των εκτιμήσεων του βαθμού χλόρωσης, έγινε επίσης συσχέτιση των αποτελεσμάτων αναλύσεων μέσω υπολογιστή, με αυτά των οπτικών εκτιμήσεων βάσει μιας διαβαθμισμένης εμπειρικής (αυθαίρετης) κλίμακας, όπως συνηθίζεται σε πειράματα.

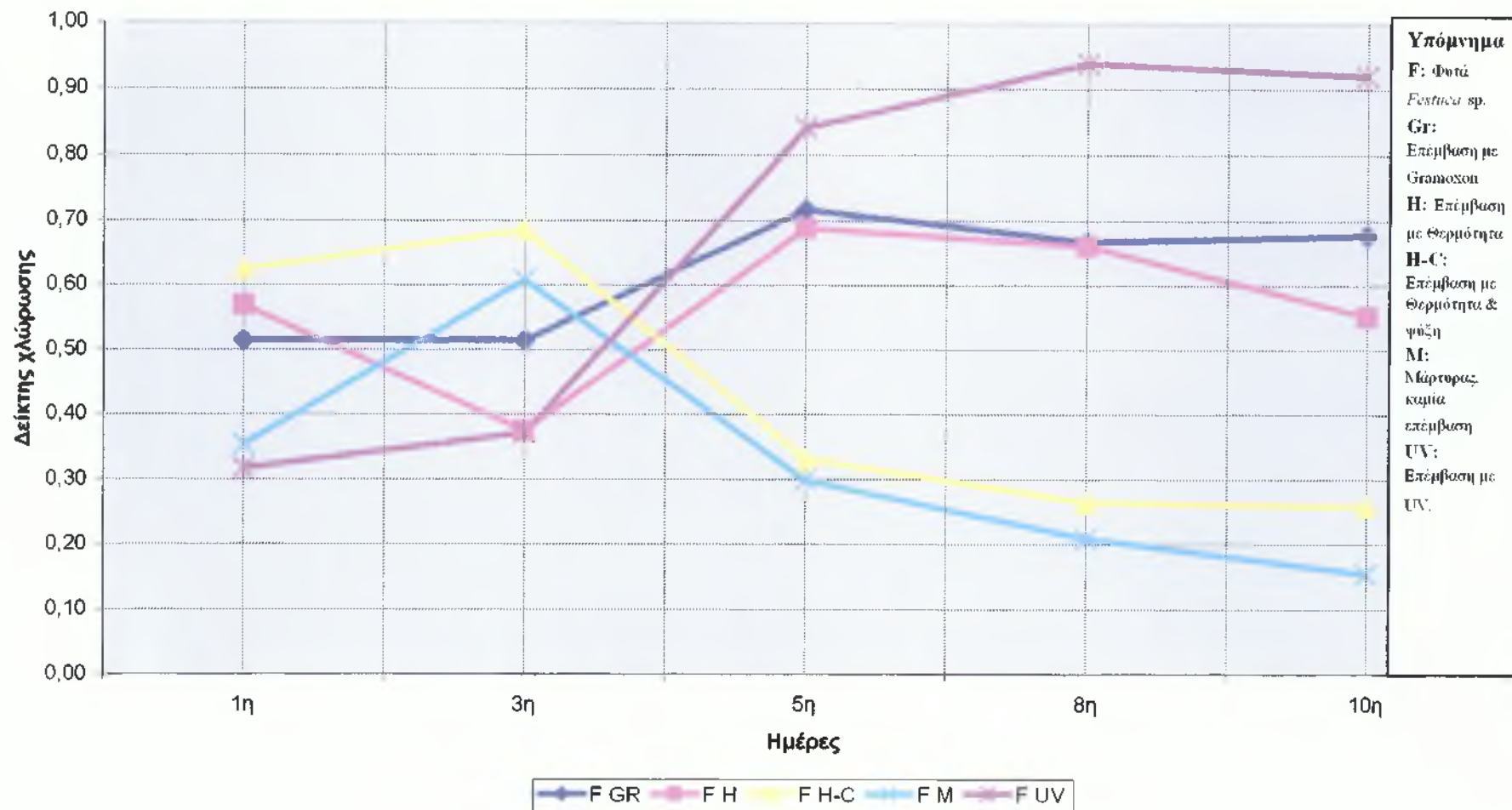
**Πίνακας 4. Συντελεστής συσχέτισης μετρήσεων του πίνακα 3 (correlation).**

Κλάσεις	1	2	3	4	5	6	7	8	Δείκτης χλώρωσης
1	1,000	0,850	0,296	0,292	-0,555	-0,789	-0,767	-0,516	0,909
2	0,850	1,000	0,524	0,631	-0,490	-0,717	-0,900	-0,664	0,979
3	0,296	0,524	1,000	0,336	0,325	-0,295	-0,656	-0,657	0,527
4	0,292	0,631	0,336	1,000	-0,263	-0,043	-0,708	-0,641	0,614
5	-0,555	-0,490	0,325	-0,263	1,000	0,481	0,227	-0,112	-0,470
6	-0,789	-0,717	-0,295	-0,043	0,481	1,000	0,498	0,120	-0,702
7	-0,767	-0,900	-0,656	-0,708	0,227	0,498	1,000	0,805	-0,935
8	-0,516	-0,664	-0,657	-0,641	-0,112	0,120	0,805	1,000	-0,710
Δείκτης χλώρωσης	0,909	0,979	0,527	0,614	-0,470	-0,702	-0,935	-0,710	1,000

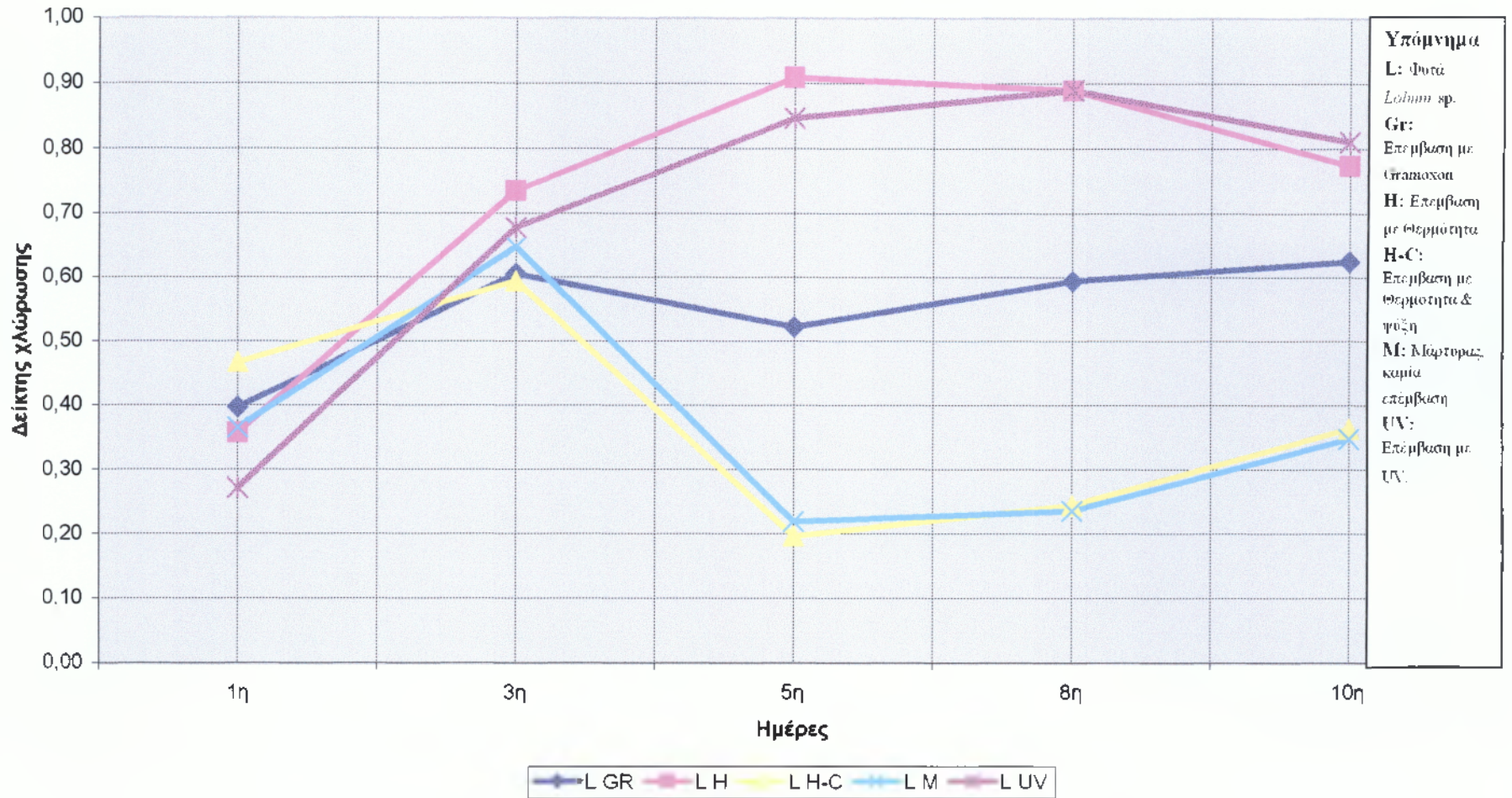
### 3.3 Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων

Παρακάτω παραθέτονται κάποιες γραφικές παραστάσεις για πιο εύκολη κατανόηση των αποτελεσμάτων. Οι γραφικές παραστάσεις έχουν χωριστεί ανά είδος φυτών και δείχνουν την πορεία του δείκτη χλώρωσης για κάθε επέμβαση. Περιλαμβάνει 5 μετρήσεις που έγιναν σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη των επεμβάσεων.

Γραφική παράσταση 1. Εξέλιξη του «δείκτη χλώρωσης» φυτών *Festuca* sp. σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη διαφόρων χειρισμών καταπόνησης.

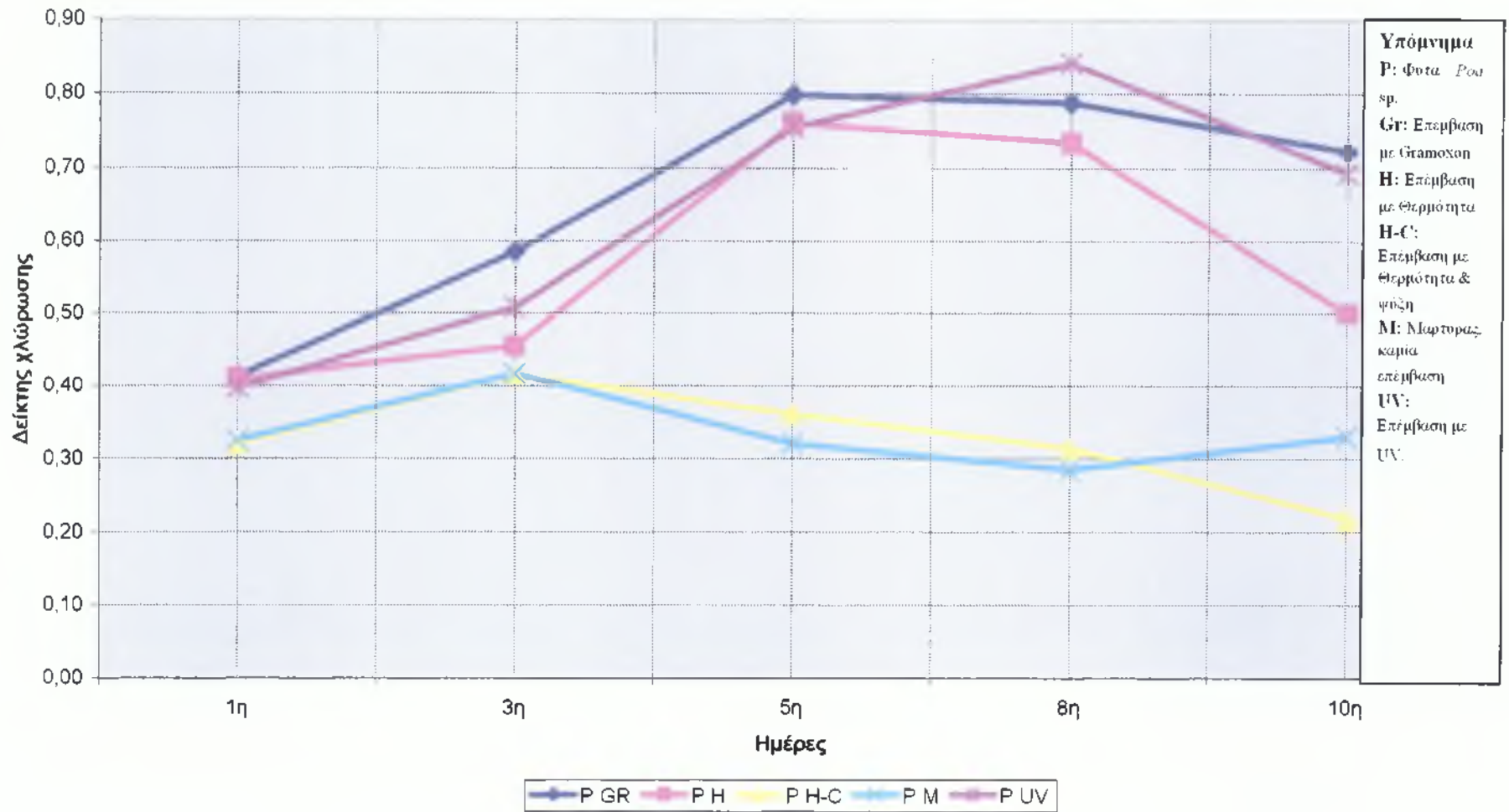


Γραφική παράσταση 2. Εξέλιξη του «δείκτη χλώρωσης» φυτών *Lolium* sp. σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη διαφόρων χειρισμών καταπόνησης.

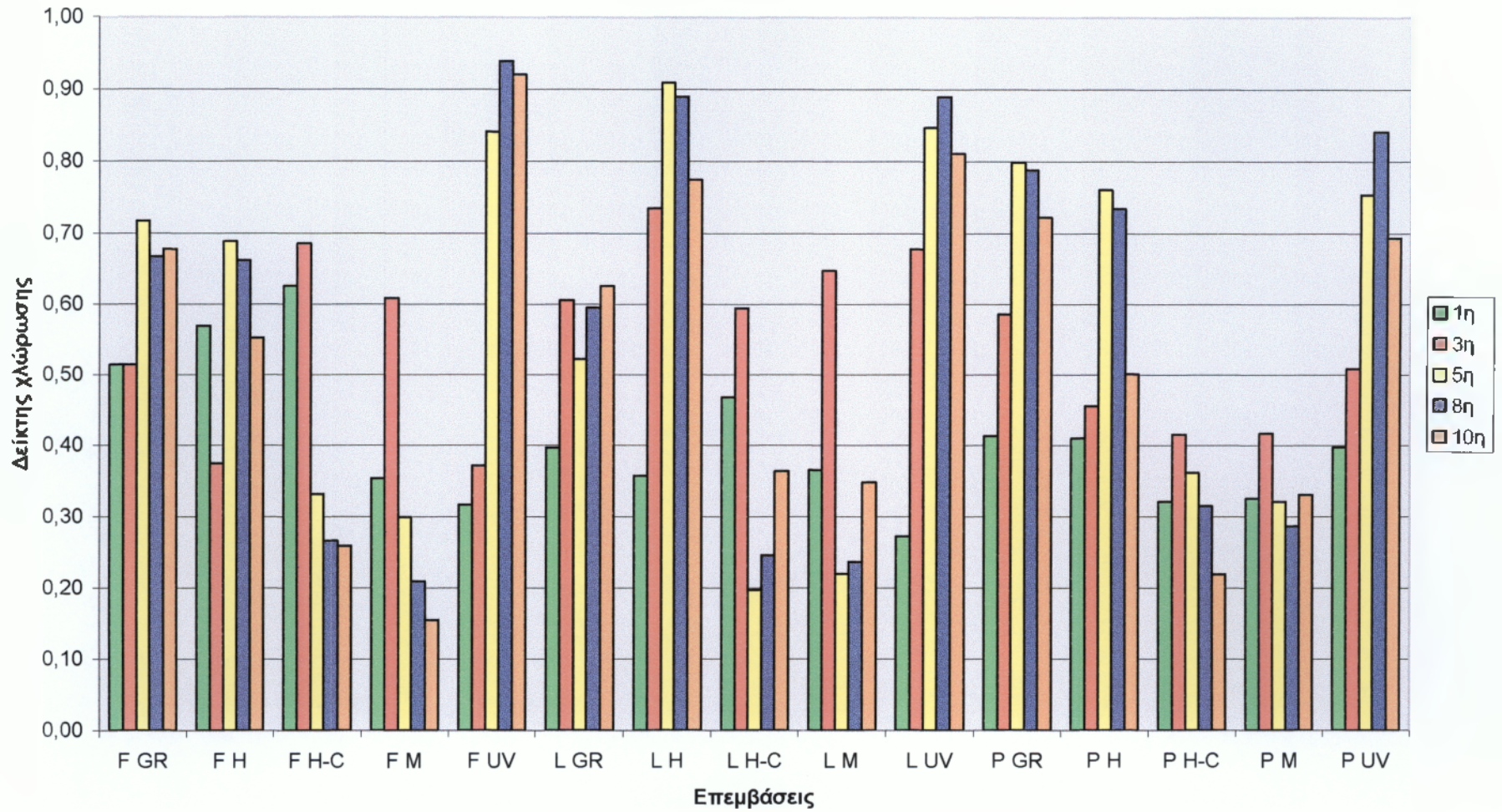




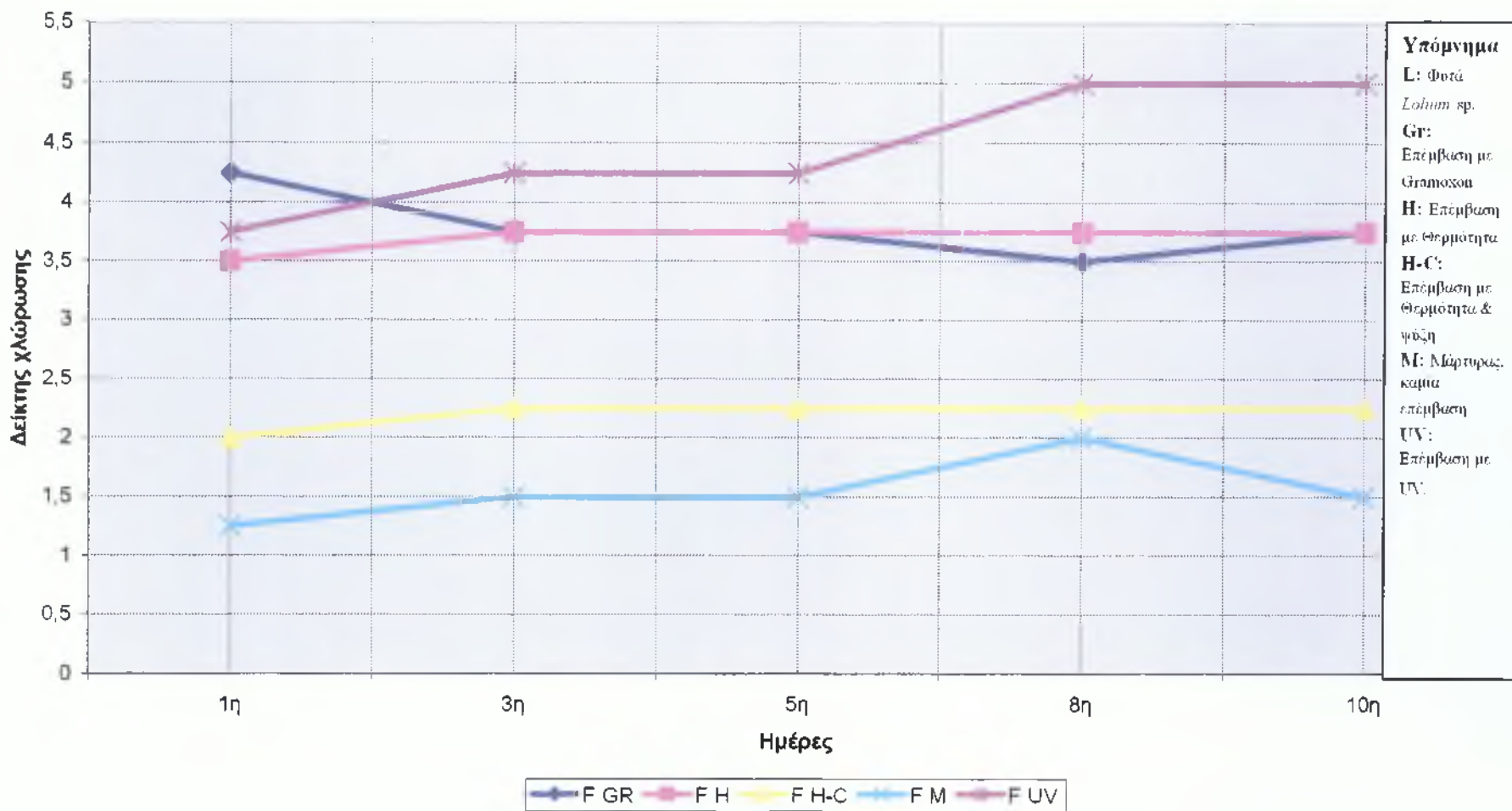
Γραφ. παράσταση 3. Εξέλιξη του «δείκτη χλώρωσης» φυτών *Rosa* sp. σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη διαφόρων χειρισμών καταπόνησης.



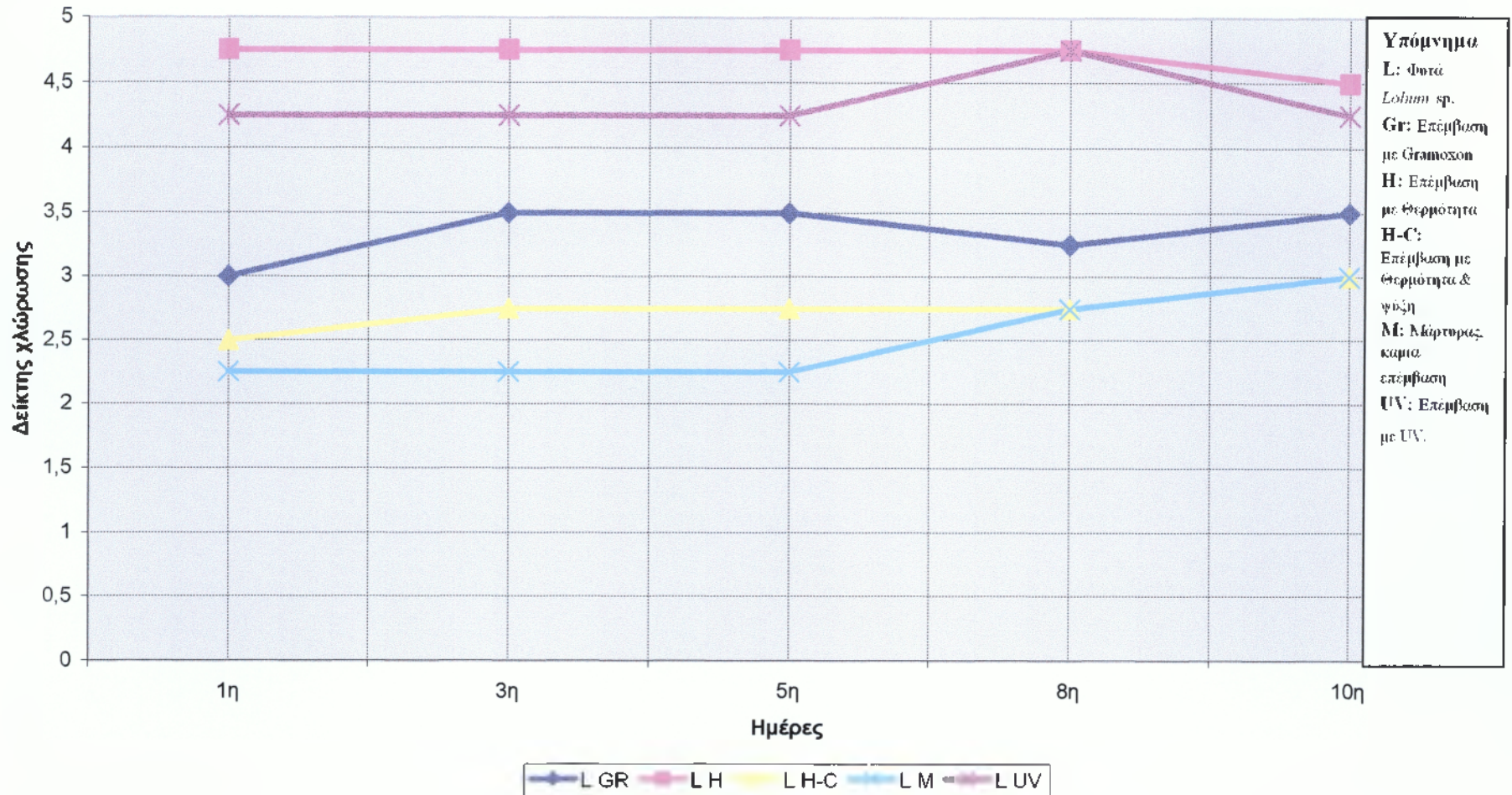
Γραφική παράσταση 4. Όλα τα είδη και οι επεμβάσεις ανα ημέρα.



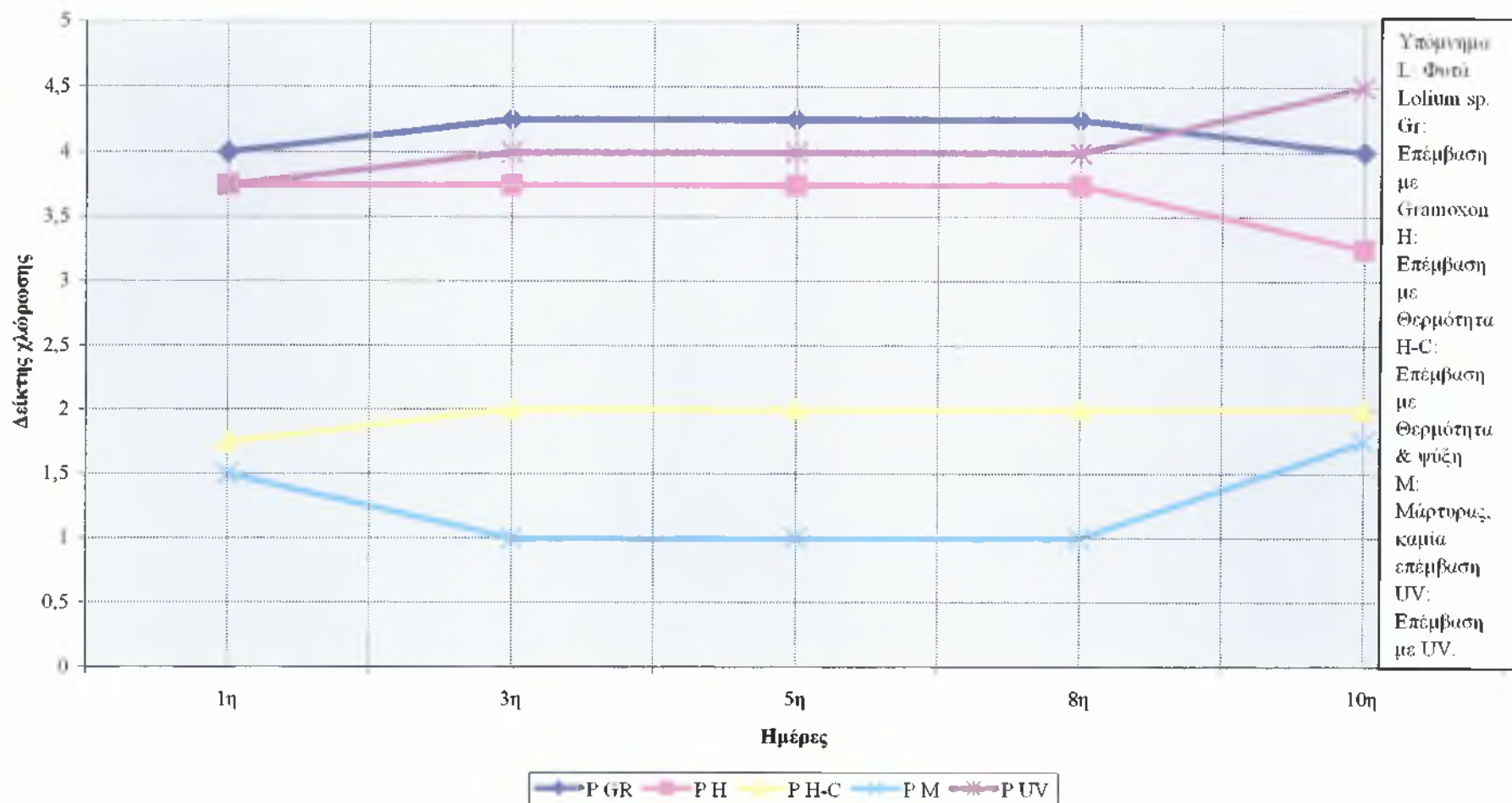
Γραφ. παράσταση 5. Εξέλιξη του «δείκτη χλόρωσης» φυτών *Festuca* sp. σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη διαφόρων χειρισμών καταπόνησης(Προσωπική εκτίμηση).



Γραφική παράσταση 6. Εξέλιξη του «δείκτη χλώρωσης» φυτών *Lolium* sp. σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη διαφόρων χειρισμών καταπόνησης(Προσωπική εκτίμηση).



**Γραφική παράσταση 7. Εξέλιξη του «δείκτη χλώρωσης» φυτών *Poa sp.* σε διάστημα 10 ημερών από την έναρξη διαφόρων χειρισμών καταπόνησης(Προσωπική εκτίμηση).**



### 3.4 Συσχέτιση μόλυνσης – έντασης συμπτωμάτων

Πίνακας 5. Μέσοι όροι ψηφιακών & οπτικών εκτιμήσεων (2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup> & 4<sup>ης</sup>) των συμπτωμάτων και αριθμοί σπορίων των μυκήτων *Bipolaris* sp. και *Curvularia* sp. (χωριστά για τα δύο στελέχη).

Είδος φυτών * & επεμβάση**	Δείκτης χλώρωσης (ψηφιακή εκτίμηση)	Δείκτης ασθένειας (οπτική εκτίμηση)	Μέσος αριθμός σπορίων <i>Bipolaris</i> sp.	Μέσος αριθμός σπορίων <i>Curvularia</i> sp. στέλεχος Κηφισιάς	Μέσος αριθμός σπορίων <i>Curvularia</i> sp. στέλεχος Καραϊσκάκη
<b>F M</b>	0,28	1,66	48.125	1.875	1.250
<b>F UV</b>	0,85	4,50	122.500	625	1.250
<b>F GR</b>	0,69	3,66	130.000	1.875	3.125
<b>F H</b>	0,68	3,75	183.750	2.500	2.500
<b>F H-C</b>	0,31	2,25	46.875	0	0
<b>L M</b>	0,23	2,41	152.500	3.750	2.500
<b>L UV</b>	0,85	4,22	192.500	625	1.250
<b>L GR</b>	0,53	3,42	128.125	1.250	5.000
<b>L H</b>	0,89	4,75	178.750	3.750	3.125
<b>L H-C</b>	0,22	2,75	59.375	0	1.250
<b>P M</b>	0,31	1,00	93.125	2.500	3.125
<b>P UV</b>	0,70	4,00	96.250	2.500	5.000
<b>P GR</b>	0,79	4,25	103.750	3.125	3.125
<b>P H</b>	0,74	3,75	166.875	1.875	4.375
<b>P H-C</b>	0,36	2,00	93.750	5.000	1.875

\* Είδη: F= *Festuca* sp., L= *Lolium* sp., P=*Poa* sp.

\*\* Επεμβάσεις: M= μάρτυρας, UV= υπεριώδης ακτινοβολία, GR= gramoxone, H= υψηλή θερμοκρασία, H-C εναλλαγή υψηλής-χαμηλής θερμοκρασίας.

Για να διερευνηθεί η συσχέτιση της βλάβης από τις επεμβάσεις καταπόνησης και προσβολής από τους μύκητες *Bipolaris* sp. και *Curvularia* sp. με τους οποίους μολύνθηκαν όλα τα φυτά μετά τις επεμβάσεις, έγινε στατιστική ανάλυση (συντελεστής συσχέτισης) των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται λεπτομερώς στο Παράρτημα 2.

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται συνοπτικά και συγκριτικά τα αποτελέσματα των ψηφιακών και οπτικών εκτιμήσεων των συμπτωμάτων σε όλα τα είδη φυτών για όλες τις επεμβάσεις και παράλληλα ο αριθμός των σπορίων που βρέθηκε πάνω σ' αυτά κατά το τέλος του πειράματος. Από τις εκτιμήσεις αποκλείστηκε η πρώτη εκτίμηση (δεν υπήρχαν ακόμα συμπτώματα) και η 5<sup>η</sup> και τελευταία εκτίμηση, όπου παρατηρείται ανάκαμψη των φυτών (βλέπε και διαγράμματα). Ο Πίνακας 4 βοηθά να εξαχθούν ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Υπάρχει ισχυρή συσχέτιση των δύο τρόπων εκτίμησης των συμπτωμάτων. Η συσχέτιση αποδεικνύεται με την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που εμφανίζονται αναλυτικά στο Παράρτημα 1. Επίσης, φαίνεται ότι η *Festuca* sp. είναι περισσότερο ευαίσθητη στην υπεριώδη ακτινοβολία, το *Lolium* sp. είναι περισσότερο ευαίσθητο στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ η *Poa* sp. φαίνεται να είναι περισσότερο ευπαθής στον οξειδωτικό παράγοντα paraquat (Gramoxone). Οι τάσεις αυτές εμφανίζονται και με τους δύο τρόπους εκτίμησης των συμπτωμάτων. Οι μεγάλοι αριθμοί σπορίων του μύκητα *Bipolaris* sp. που βρέθηκαν στα φυτά στο τέλος του πειράματος, δείχνει ότι ο μύκητας αυτός αναπτύχθηκε πάνω σε αυτά και υπάρχει απόλυτη συσχέτιση της ζημιάς με τον αντίστοιχο αριθμό σπορίων (συσχέτιση στατιστικά σημαντική σε επίπεδο  $p=0,01$ ). Ο σαφώς μικρότερος αριθμός (όχι όμως αμελητέος) στις επεμβάσεις χωρίς ή με μικρή καταπόνηση, δείχνει ότι ο μύκητας αυτός ασκεί την παθογόνο του δράση αναλόγως της εξασθένησης του ξενιστή. Από το πείραμα αυτό δεν μπορεί να φανεί αν ο μύκητας συμβάλλει και επιταχύνει την ένταση των συμπτωμάτων ή απλώς επωφελείται από την εξασθένηση του ξενιστή. Οι αντίστοιχοι αριθμοί σπορίων *Curvularia* sp. ήταν μικροί και δεν σχετίζονταν στατιστικά με τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων. Οι μικροί αριθμοί σπορίων *Curvularia* sp. μπορεί να προκύπτουν και από σπόρια των επεμβάσεων μόλυνσης που δεν βλάστησαν.

### 3.5 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Οι 8 χρωματικές κλάσεις που επιλέγηκαν για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του πειράματος έδειξαν ότι είναι λειτουργικές και πλησιάζουν την ανθρώπινη οπτική αντίληψη για την ασθένεια. Αυτό φαίνεται στον Πίνακα 4 που προκύπτει μετά από ανάλυση των μετρήσεων που έγιναν με το πρόγραμμα SPSS Version 9.0. Το συμπέρασμα ότι οι κλάσεις λειτουργούν καλά δεν προκύπτει αυθαίρετα, αλλά χρειάζεται κάτι που να το αποδεικνύει. Σ' αυτό το σημείο η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έχει τον πρώτο λόγο. Οι 8 κλάσεις που προτάθηκαν χωρίστηκαν σε δύο κύριες κατηγορίες, σε κίτρινο και σε πράσινο, οι οποίες αποτελούνται από 4 κλάσεις η κάθε μία. Κάνοντας στατιστική συσχέτιση των συντεταγμένων της ίδιας εικόνας πρέπει οι κλάσεις που αντιπροσωπεύουν το ίδιο χρώμα να έχουν μεγάλο βαθμό συσχέτισης και αρνητική συσχέτιση με όλα τα άλλα χρώματα. Επίσης μας ενδιαφέρει οι 8 κλάσεις να είναι κοντά με τον δείκτη χλώρωσης και οι κλάσεις του κίτρινου να έχουν θετική συσχέτιση με αυτόν ενώ οι κλάσεις του πράσινου αρνητική.

Η στατιστική επιβεβαίωση των κλάσεων έγινε με σύγκριση των αποτελεσμάτων ψηφιακής εκτίμησης και προσωπικής (οπτικής) εκτίμησης, καθώς και με τις συγκρίσεις των ποσοστών των διαφορετικών κλάσεων μεταξύ τους για τις ίδιες εικόνες. Απ' ότι φαίνεται στον πίνακα τις πιο ισχυρές συσχετίσεις με τον δείκτη χλώρωσης τις είχαν οι κλάσεις 1, 2 και 7 (η τελευταία αρνητικά). Οι κλάσεις 4, 6 και 8, λιγότερο καλά και οι κλάσεις 3 και 5, όχι πολύ καλά. Στις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν όλες οι κλάσεις ισότιμα γιατί δεν ήταν εύκολο να προσδιοριστεί σε αυτή τη μελέτη η βαρύτητα (συντελεστής) που πρέπει να αποδοθεί στην καθεμιά χωριστά. Τα τελικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος (που επιδέχεται βελτίωσης) λειτουργεί και μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις με σημαντική ασφάλεια.

Αφού οι κλάσεις που επιλέχθηκαν λειτούργησαν καλά, συνεχίστηκε η χρωματική ανάλυση των εικόνων με τη μέθοδο αυτή και για να γίνουν κατανοητά τα αριθμητικά αποτελέσματα παρουσιάστηκαν με γραφικές παραστάσεις (γραφήματα). Παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις 1, 2 και 3 για τα τρία είδη φυτών που χρησιμοποιήθηκαν γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η επέμβαση H-C (ζέστη-κρύο) και στις 3 ποικιλίες έχει την ίδια πορεία με αυτή του μάρτυρα. Δηλαδή αυτή η επέμβαση δεν ήταν αρκετά ισχυρή για να στρεσάρει τα τρία είδη φυτών. Αντιθέτως, οι επεμβάσεις με GR (gramoxone), UV (υπεριώδης ακτινοβολία) και H (ζέστη) έδωσαν υψηλό δείκτη χλώρωσης με το UV να κάνει την μεγαλύτερη ζημιά, να ακολουθεί η επέμβαση H και τελευταία με λιγότερη ζημιά



από τις δύο προηγούμενες να είναι η επέμβαση GR. Δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές στις αντιδράσεις των διαφορετικών ειδών στις ίδιες επεμβάσεις. Ωστόσο φαίνεται μια τάση μεγαλύτερης ευπάθειας των φυτών του γένους *Lolium* έναντι των δύο άλλων ειδών και μια αυξημένη ευπάθεια στο Gramoxone των φυτών γένους *Poa*.

### 3.6 Τελικά συμπεράσματα και σχόλια

Η εργασία αυτή φιλοδοξεί να συμβάλλει τόσο στην επιστήμη όσο και στην γεωργική εφαρμογή. Στην επιστήμη γιατί γίνεται για πρώτη φορά προσπάθεια να αντικατασταθεί η υπάρχουσα εμπειρική και συχνά ανακριβής οπτική μέθοδος εκτίμησης, η οποία εμπεριέχει και την υποκειμενικότητα του εκτιμητή με μια μέθοδο ακριβούς, αντικειμενικής και αμερόληπτης μέτρησης. Είναι δε γνωστό πόσο προήχθησαν οι φυσικές επιστήμες όταν δόθηκε η δυνατότητα ακριβών μετρήσεων. Στην γεωργική εφαρμογή ανοίγονται τεράστιες ευκαιρίες αξιοποίησης της «ψηφιακής όρασης» σε εργασίες ανίχνευσης (scouting), που στην περίπτωση της φυτοπροστασίας σήμερα γίνονται με συνεχείς επισκέψεις και πολύωρες επιθεωρήσεις της καλλιέργειας προκειμένου να εντοπιστούν έγκαιρα τα πρώτα συμπτώματα, να εκτιμηθούν ως προς την έκταση, ένταση και να ερμηνευτούν ώστε να αποφασιστεί αν θα ληφθούν μέτρα φυτοπροστασίας. Καθώς η γεωργία σήμερα αντιμετωπίζει έντονο ανταγωνισμό και συμπίεση τιμών, είναι βέβαιο ότι οι τεχνικές αυτές θα αναπτυχθούν και θα διαδοθούν ταχύτατα, καθώς και η απαιτούμενη αντίστοιχη ηλεκτρονική και πληροφορική τεχνολογία αναπτύσσεται και διαδίδεται με ταχύτατο ρυθμό.

Τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα της νέας μεθόδου έναντι της κλασσικής οπτικής εκτίμησης του «δείκτη ασθένειας» είναι ταχύτητα και η ακρίβεια. Για την ταχύτητα δεν υφίσταται πρόβλημα καθώς η λήψη και η επεξεργασία της εικόνας με τα ηλεκτρονικά μέσα που υπάρχουν, μπορούν να κάνουν τις εργασίες αυτές αυτόματα και ταχύτατα. Το ζητούμενο ήταν η ακρίβεια της εκτίμησης και καθώς είναι γνωστή η ακρίβεια που έχει το «μάτι» ενός έμπειρου παρατηρητή στην εκτίμηση της υγείας των φυτών, ακόμα και από μακριά και της σημασίας που έχει το χρώμα των φυτών στις εκτιμήσεις αυτές, δόθηκε στη μελέτη αυτή λοιπόν έμφαση στην εκτίμηση του χρώματος.

Όμως τι ακριβώς είναι το χρώμα? Είναι ιδιότητα του αντικειμένου? Π.χ. ένα πράσινο φύλλο, ένας κόκκινος καρπός κλπ? Είναι ιδιότητα του φωτός? Άραγε υπάρχει χρώμα χωρίς φως? Η μήπως χρώμα είναι κάτι που το αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι

και τελικά ο εγκέφαλος? Φαίνεται πως τελικά χρώμα είναι ένα «γεγονός» που περιέχει όλα τα παραπάνω στοιχεία μαζί. Για να υπάρξει χρώμα χρειάζεται ένα αντικείμενο, μια πηγή φωτός και ένας παρατηρητής. Ο τελευταίος παράγων αποτελεί και την πηγή υποκειμενικότητας της έννοιας χρώμα. Εδώ μπαίνουν ζητήματα ανθρώπινης φυσιολογίας, ψυχολογίας, νευροφυσιολογίας ακόμη και ζητήματα γλωσσολογικά, αφού το κάθε χρώμα ως έννοια (συχνά ατελώς προσδιοριζόμενη) εκφράζεται με κάποιο όνομα π.χ. ...κομοδινί. Η υποκειμενικότητα αυτή αποτελεί και πηγή τεράστιων και άλυτων προβλημάτων στις τεχνολογίες χρώματος όπου επιδιώκεται να αποδοθεί «πιστά» (φωτογραφία, κινηματογράφος, τηλεόραση, τύπος κλπ). Για να διερευνηθούν κατά το δυνατόν περισσότερες μορφές χρώματος και συμπτωμάτων, χρησιμοποιήθηκαν συνδυασμοί τριών ειδών φυτών με πολλούς παράγοντες καταπόνησης. Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, τα φυτά εκδηλώνουν τα συμπτώματα χλώρωσης – ξήρανσης με σχετικά ενιαίο τρόπο, πράγμα που βοηθά στην κατάρτιση προγραμμάτων κατάλληλων για μεγάλη ποικιλομορφία φυτών και βλάστησης.

Στην μελέτη αυτή έγινε προσπάθεια να ελαττωθεί κατά το δυνατόν η παραλλακτικότητα χρώματος που οφείλεται στην διακύμανση της έντασης και της θερμοκρασίας χρώματος του φυσικού (ηλιακού) φωτός γι αυτό και επιλέχθηκε η φωτογράφιση με τεχνητό φωτισμό. Επειδή είναι γνωστό ότι η γωνιά πρόσπτωσης του φωτός σε μια επιφάνεια μπορεί να αλλοιώσει το χρώμα, τα γλαστράκια με τα φυτά φωτογραφίζονταν δύο φορές από αντιδιαμετρική κατεύθυνση και στις εκτιμήσεις λαμβάνονταν ο μέσος όρος των δύο εικόνων. Στο αντικείμενο βέβαια κατά την φωτογράφιση δεν γίνονταν καμιά «επέμβαση» που να βελτιώνει την «φωτογένεια» των συμπτωμάτων, αφού ο κανόνας της τηλεπισκόπησης επιβάλλει να μην «αγγίζεται» το προς επισκόπηση αντικείμενο.

Ο παρατηρητής στην περίπτωση μας είχε αντικατασταθεί από μια ψηφιακή κάμερα. Αν και δεν θα μπορούσε να διατυπωθεί κατηγορία «υποκειμενικότητας» σε μια κάμερα, θα πρέπει να τονιστεί ότι αυτή έχει κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο που να καταγράφει (και να αναπαράγει) τα ίδια στοιχεία που καταγράφει και το ανθρώπινο μάτι. Άρα η συσκευή αυτή είναι η πλέον κατάλληλη για την καταγραφή (και μάλιστα ακριβέστατη) του χρώματος. Είναι όμως γνωστό ότι οι διάφορες ψηφιακές κάμερες διαφέρουν σχεδιαστικά και κατασκευαστικά και ότι αυτό τις κάνει να διαφέρουν και στον τρόπο που καταγράφουν το χρώμα. Άρα υπάρχει και στην κάμερα όπως και στον παρατηρητή κάποια μορφή «υποκειμενικότητας» η οποία όμως μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς και είναι σταθερή για την κάθε κάμερα.

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι μπορεί να αναπτυχθεί κατάλληλη διάταξη που θα υποκαθιστά επαρκώς την εργασία του ανθρώπινου παρατηρητή στην εκτίμηση του χρώματος. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι το «χρώμα» είναι τελικά μια «υποκειμενική» ιδιότητα του αντικειμένου και φτωχή σε πληροφορία, αφού βασίζεται στην εκτίμηση της έντασης τριών μόνο συχνοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η επιστήμη έχει μελετήσει και γνωρίζει ακριβώς τις ιδιότητες απορρόφησης και αντανάκλασης όλων των συχνοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τα φυτά. Είναι γνωστές δηλαδή οι «φασματικές υπογραφές» των υγιών και ασθενών φυτών και μέσω αυτών μπορούν να επινοηθούν όργανα καλύτερα από μια φωτογραφική μηχανή που θα μετρούσαν την ακτινοβολία σε κρίσιμες συχνότητες και όχι σε αυτές που καθορίζει το χρώμα. Ωστόσο, το χρώμα έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα αφού εξακολουθεί να χρησιμοποιείται εμπειρικά για το σκοπό αυτό και πρόκειται να συνεχίσει να παίζει μεγάλο ρόλο, διότι μέσω αυτού έχει συσσωρευτεί εμπειρία πολλών αιώνων σχετικά με την όψη των υγιών και ασθενών φυτών.

Μένει ακόμα να σχολιασθεί το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη. Υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός προγραμμάτων για το χειρισμό και την ανάλυση ψηφιακών εικόνων που μπορεί να καταταγούν σε δύο κατηγορίες. Αυτά που προορίζονται για απλούς χρήστες με περιορισμένες γνώσεις σχετικά με το αντικείμενο και αυτά που προορίζονται για χρήστες έμπειρους και με πολλές γνώσεις σχετικά με την ψηφιακή εικόνα. Τα πρώτα έχουν συγκεκριμένες και συνήθως περιορισμένες δυνατότητες για να κάνουν συγκεκριμένες υπολογιστικές εργασίες που συνήθως δεν περιγράφονται, αλλά εκτελούνται και δίνουν το αποτέλεσμα κατά ένα «μαγικό» τρόπο. Τα προγράμματα αυτά φαντάζουν κομψά και είναι πολύπλοκα δεν είναι όμως επιστημονικά εργαλεία γιατί δεν είναι γνωστό πως ακριβώς δουλεύουν.

Το πρόγραμμα ImagePro που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη, ανήκει στη δεύτερη κατηγορία, είναι απλό, ευέλικτο και απόλυτα επιστημονικό εργαλείο όπου ο χειριστής του πρέπει να το «προγραμματίσει» και να περιγράψει ακριβώς τις εργασίες που θέλει να εκτελεί, χωρίς να χρειάζεται να χρησιμοποιεί μακρές μαθηματικές συναρτήσεις και θεωρία. Χρησιμοποιώντας αυτό το πρόγραμμα έγινε κατ' αρχάς κατανοητή η έννοια της ψηφιακής απεικόνισης του χρώματος και ακολούθως έγινε δυνατή μια ρεαλιστική κατηγοριοποίηση των διαφόρων αποχρώσεων πράσινου και κίτρινου που αντιπροσώπευαν χρωματικές διαβαθμίσεις υγιών και ασθενών φυτών, πράγμα που βοήθησε και τους ερευνητές να κατανοήσουν το βαθύτερο νόημα της έννοιας «σύμπτωμα χλώρωσης».

## Βιβλιογραφία (Ξενόγλωσση)

- Avery, T.E. & Berlin, G.L. 1992.** Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation. 5<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall, New Jersey 1– 8, 247–262.
- Berg, A. 1981.** Application of remote sensing to agricultural production forecasting. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Blazquez, H.C. & Edwards, J.G. 1986.** Spectral reflectance of healthy and diseased watermelon leaves. Annual Review of Phytopathology, 108: 243–249.
- Busch, D.D. 2005.** Mastering digital SLR photography. Thomson course technology, Boston.
- Carbone, G.J., Narumalani, S. & King, M. 1996.** Application of Remote Sensing and GIS Technologies with Physiological Crop Models. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 62(2):171-179.
- Carolis, D.C. & Amodeo P. 1979.** On the hypothetical response of classified plant diseases to visible, near and thermal infrared. Pervenuto in Radazione. Maggio 1979.
- Carter, A.G. 1993.** Responses of leaf spectral reflectance to plant stress. American journal of botany, 80(3): 239–243.
- Cracknell, A.P. & Hayes, L.W.B. 1991.** Introduction to remote sensing. Taylor & Francis Ltd, London. 1-7, 159-173.
- Crane, R. 1997.** A simplified approach to image processing. Prentice Hall PTR. New Jersey.
- Curran, P.J. 1985.** Principles of remote sensing. Longman. London. 7 – 16.
- Dally, T. 2000.** Εγχειρίδιο ψηφιακής φωτογραφίας. ΙΩΝ. Περιστέρι – Αθήνα. 32 – 33.
- Damen, M.C.J., Smit G.S. & Verstappen M.TH. 1988.** Remote sensing for resources development and environmental management. Volume I. A.A. Balkema. Rotterdam.
- Damen, M.C.J., Smit G.S. & Verstappen M.TH. 1988.** Remote sensing for resources development and environmental management. Volume II. A.A. Balkema. Rotterdam.
- Damen, M.C.J., Smit G.S. & Verstappen M.TH. 1988.** Remote sensing for resources development and environmental management. Volume III. A.A. Balkema. Rotterdam.
- Doerge, T.A. 1999.** Site Specific Agriculture – Yield Map Interpretation. Journal of Production Agriculture, 12(1): 54-61.
- Floyd, F.S.Jr. 1978.** Remote sensing Principles and interpretation. 2<sup>nd</sup> Ed. W.H. Freeman and company. New York. 251-252.

- Foody, M.G. & Curran, J.P. 1994.** Environmental remote sensing from regional to global scales. John Willey & sons Inc. England.
- Frayse, G. 1980.** Remote sensing application in agriculture and hydrology. A.A. Balkema. Rotterdam.
- Ghassen, A. 1989.** Theory and applications of optical remote sensing. John Willey & sons Inc. Canada. 548-554, 560-561.
- Gonzalez, C.R., Woods, E.R. & Eddins, L.S. 2004.** Digital image processing using Matlab. Pearson Prentice Hall.
- Hord, R.M. 1982.** Digital image processing of remotely sensed data. Academic Press Inc. London. 1 – 6, 9 – 10.
- Jain, K.A. 1989.** Fundamentals of digital image processing. Prentice Hall International Inc.
- Jensen, J.R. 1996.** Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective. 2nd Ed. Prentice Hall. 318–319.
- Lark, R.M. & Stafford, J.V. 1997.** Classification as a first step in the interpretation of temporal and spatial variation of crop yield. *Ann. Appl. Biol.* 130: 111–121.
- Legs, A.C. 1992.** Remote sensing and geographic information systems. John Willey & sons Inc. with Praxis Publishing. 25–39, 44–53.
- Light, L.D. 1996.** Film cameras or digital sensors? The challenge ahead for digital imaging. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62(3): 28 –291.
- Long, B. 2003.** Complete digital photography. 2<sup>nd</sup> Ed. Charles River Media Inc. Massachusetts.
- Maerz, A. & Paul, R.M. 1950.** A dictionary of color. 2<sup>nd</sup> Ed. McGraw – Hill, New York
- Mather, M.P. 1987.** Computer processing of remotely sensed images. John Willey & sons Inc. Canada. 1–2, 27–28, 79–96, 101–106.
- Nilson, Hans-E. 1995.** Remote sensing and image analysis in plant pathology. *Canadian journal of plant pathology*, 17: 154 – 166.
- Petrov, M. & Bosdogianni, P. 1999.** Image processing the fundamentals. John Willey & sons LTD.
- Rangachar, K. & Mohan, M.T. 1990.** Image analysis applications. Marcel Dekker Inc. New York.
- Rees, W.G. 1990.** Physical principles of remote sensing. Press syndicate of the university of Cambridge. New York 1–8, 194–209.

- Richards, A.J. 1986.** Remote sensing digital image analysis. 2<sup>nd</sup> Ed. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg-New York 1-7, 159-173.
- Richardson, D.A., Duigan, P.S. & Berlyn, P.G. 2002.** An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New phytologist*, 153: 185-194.
- Russ, C.J. 1995.** The image processing handbook. 2<sup>nd</sup> Ed. CRC Press.
- Singh, R.P., Tabbagh, A., Gower, J.F.R., Smith, W.L., MacDonald, A.E., Manton, M.J., Pailleux J., Tsuchiya K. & Dozier, J. 1992.** Remote sensing of the earths surface and atmosphere. Pergamos Press 12(7) Oxford.
- Star, L.J. 1991.** The integration of remote sensing and geographic information systems. American society for Photogrammetry and remote sensing. Baltimore.
- Steven, M.D. & Clark, J.A. 1990.** Applications of remote sensing in agriculture. Butterworth's. London. 7-9, 10-12, 19-37, 127-134.
- Teuber, J. 1993.** Digital image processing. Prentice Hall. New York.
- Vogelmann, C.TH. 1993.** Plant tissue optics. *Annual reviews plant physiology plant molecular biology*. 44: 231-251.

### **Βιβλιογραφία (Ελληνική)**

- Αργιαλάς, Δ.Π. 1994.** Πως η ψηφιακή τηλεπισκόπηση πλησιάζει την νοημοσύνη του φωτοερμηνευτή. Πυρφόρος.
- Γκάρμπολας, Δ. 1999,** Εγχειρίδιο ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής. ΙΩΝ, Περιστέρι – Αθήνα.
- Κρητικός, Γ. 1983.** Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας και εφαρμογές στην τηλεανίχνευση. Αθήνα.
- Μερτίκας, Π.Σ. 1999.** Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση εικόνας. ΙΩΝ, Περιστέρι – Αθήνα.
- Παπαμάρκος, Ν. 2005.** Ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνας. Β. Γκιούρδας. Αθήνα.
- Πήτας, Ι. 1996.** Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας. Θεσσαλονίκη.
- Συλλαίος, Γ.Ν. 1990.** Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στη γεωργία. Γιαχούδη – Γιαπούλη Ο.Ε. Θεσσαλονίκη.

## Πηγές διαδικτύου

**Hatch, U., Brooks, B., Mask, P. & Shaw, J. 2001.** Spatial Analysis in Agriculture: An Overview of Precision Agriculture.

[http://srdc.msstate.edu/publications/223\\_hatch.pdf](http://srdc.msstate.edu/publications/223_hatch.pdf)

**Servilla, M. 1999.** The First Steps to Understanding Agriculture Remote Sensing. Modern Agriculture.

<http://www.eonline.com/modernagsite/archives/Servilla.html>

## Παράρτημα 1

Συντελεστές συσχέτισης των 5 διαδοχικών εκτιμήσεων του βαθμού χλώρωσης – ασθένειας με ψηφιακή ανάλυση (ΜΗΧ) και οπτική παρατήρηση (ΟΠΤ), όλων των φυτών του πειράματος (60)

Εκτίμηση		1 <sup>η</sup> ΜΗΧ	2 <sup>η</sup> ΜΗΧ	3 <sup>η</sup> ΜΗΧ	4 <sup>η</sup> ΜΗΧ	5 <sup>η</sup> ΜΗΧ	1 <sup>η</sup> ΟΠΤ	2 <sup>η</sup> ΟΠΤ	3 <sup>η</sup> ΟΠΤ	4 <sup>η</sup> ΟΠΤ	5 <sup>η</sup> ΟΠΤ
1 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation	1,000	-0,130	-0,140	-0,147	-0,183	-0,049	0,024	0,024	-0,086	-0,117
	Sig. (2-tailed)		0,323	0,285	0,263	0,161	0,708	0,854	0,854	0,514	0,373
2 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation		1,000	0,980(**)	0,909(**)	0,746(**)	0,807(**)	0,827(**)	0,827(**)	0,813(**)	0,690(**)
	Sig. (2-tailed)			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation			1,000	0,944(**)	0,801(**)	0,813(**)	0,859(**)	0,859(**)	0,852(**)	0,720(**)
	Sig. (2-tailed)				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation				1,000	0,882(**)	0,799(**)	0,857(**)	0,857(**)	0,885(**)	0,799(**)
	Sig. (2-tailed)					0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation					1,000	0,805(**)	0,747(**)	0,747(**)	0,810(**)	0,857(**)
	Sig. (2-tailed)						0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation						1,000	0,836(**)	0,836(**)	0,798(**)	0,813(**)
	Sig. (2-tailed)							0,000	0,000	0,000	0,000
2 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation							1,000	1,000(**)	0,924(**)	0,796(**)
	Sig. (2-tailed)								0,000	0,000	0,000
3 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation								1,000	0,924(**)	0,796(**)
	Sig. (2-tailed)									0,000	0,000
4 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation									1,000	0,848(**)
	Sig. (2-tailed)										0,000
5 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation										1,000
	Sig. (2-tailed)										

\*\* Η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο 0.01 (2-tailed).



## Παράρτημα 2

Συντελεστές συσχέτισης των εκτιμήσεων βαθμού χλώρωσης – ασθένειας (ΜΗΧ & ΟΠΤ) και του αριθμού σπορίων ειδών του <i>Bipolaris</i> & <i>Curvularia</i> που βρέθηκε στα φυτά κάθε δοχείου στο τέλος του πειράματος (60 δοχεία)					
		Είδος και στέλεχος μύκητα			
Εκτίμηση Χλώρωσης-Ασθένειας		<i>Bipolaris</i> sp.	<i>Curvularia</i> sp. Απομόνωση Κηφισιάς	<i>Curvularia</i> sp. Απομόνωση Καραϊσκάκη	<i>Curvularia</i> spp. Συνολικά οι δύο απομονώσεις
1 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation	-0,182	-0,128	-0,12	-0,094
	Sig. (2-tailed)	0,165	0,329	0,926	0,474
2 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation	0,398(**)	-0,034	0,220	0,124
	Sig. (2-tailed)	0,002	0,796	0,092	0,345
3 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation	0,406(**)	-0,017	0,239	0,148
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,896	0,066	0,258
4 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation	0,408(**)	-0,055	0,277(*)	0,149
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,677	0,032	0,257
5 <sup>η</sup> ΜΗΧ	Pearson Correlation	0,334(**)	-0,042	0,234	0,128
	Sig. (2-tailed)	0,009	0,751	0,072	0,328
1 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation	0,305(*)	-0,043	0,184	0,094
	Sig. (2-tailed)	0,018	0,745	0,160	0,474
2 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation	0,368(**)	-0,090	0,187	0,065
	Sig. (2-tailed)	0,004	0,494	0,152	0,623
3 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation	0,368(**)	-0,090	0,187	0,065
	Sig. (2-tailed)	0,004	0,494	0,152	0,623
4 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation	0,357(**)	-0,105	0,186	0,054
	Sig. (2-tailed)	0,005	0,424	0,155	0,682
5 <sup>η</sup> ΟΠΤ	Pearson Correlation	0,247	-0,160	0,277(*)	0,078
	Sig. (2-tailed)	0,057	0,223	0,032	0,554

\* Η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο 0.05 (2-tailed).  
 \*\* Η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο 0.01 (2-tailed).